Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección de la avenida Camaná y la calle Cayma, distrito de Majes, Arequipa, 2025

Tesis presentada por:

Cardenas Huanca, Giovanni Edgar

ORCID: 0009-0005-9136-7186

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesora:

Mg. Garcia Godos Peñaloza, Luz Matilde

ORCID: 0000-0003-0591-2191

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 03 de Agosto del 2026

Dictamen: 018957-C-EPIC-2026

Visto el borrador del expediente 018957, presentado por:

2020200891 - **CARDENAS HUANCA GIOVANNI EDGAR**

Titulado:

EFECTIVIDAD DE UNA INTERVENCIÓN DMAIC PARA LA MEJORA DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DE LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA CAMANÁ Y LA CALLE CAYMA, DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA, 2025

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO CIVIL

41481170 - **GAMARRA TUCO RUBEN FRANCISCO**
DICTAMINADOR

46309156 - **MONTOYA VILLANUEVA FILIBERTO RODY**
DICTAMINADOR

46890195 - **DE LA CRUZ MENDOZA FERNANDO ARON**
DICTAMINADOR

EFECTIVIDAD DE UNA INTERVENCIÓN DMAIC PARA LA MEJORA DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DE LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA CAMANÁ Y LA CALLE CAYMA, DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%	2%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.hillcrestravens.org Fuente de Internet	2%
2	Nuno Miranda e Silva. "GROUNDED THEORY PARA INICIANTES: CONTRIBUTO PARA A INVESTIGAÇÃO EM EDUCAÇÃO", Cadernos de Pesquisa, 2022 Publicación	<1%
3	Flor de Liz Alvarez Cabana, Sebastian Adolfo Zuñiga Medina, Sonia Lazarte Arredondo, Rosa María Morán Silva et al. "Hydrological Vulnerability Assessment of the Pañe Reservoir Using Spatially Distributed Modeling in Google Earth Engine Under CMIP6 Climate Scenarios and Increasing Water Demand", Environments, 2026 Publicación	<1%
4	Pedro Pablo Poveda Orjuela. "Configuración de un modelo conceptual para los sistemas de gestión "qhse3+", con perspectiva de rendimiento energético y administración integral de riesgos", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1%
5	"Uso de datos de tiempo de viaje individuales para la estimación de indicadores agregados de congestión.", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2016 Publicación	<1%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	Apagado
Excluir bibliografía	Activo		

DEDICATORIA

En primer lugar, a mis padres, Judith y Erick, por su amor, su apoyo incondicional y por ser siempre mi mayor motivación. A mi pareja Zarai y a mi hijo Leonel, quienes son mi fuerza diaria y la razón de cada esfuerzo. A mi hermana Luciana, por su compañía y aliento constante. Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento a mi asesora, Luz Matilde, por su guía, paciencia y valioso acompañamiento durante este proceso académico.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la Universidad Católica de Santa María y, en especial, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por la formación recibida durante estos años de vida universitaria.

También a mis docentes, por su guía, sus enseñanzas, sus valiosas observaciones y por compartir su experiencia.

Sobre todo, a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo a hacer realidad esta tesis.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de una intervención DMAIC para mejorar el desempeño operativo, abarcando la movilidad, la eficiencia, la seguridad operacional y la calidad del servicio en la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma, en el distrito de Majes, 2025. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño explicativo. Se realizaron aforos vehiculares continuos durante 7 días y 24 horas, procesados y microsimulados mediante Synchro V.12 y SimTraffic, en estricto alineamiento con el HCM 2022.

Los resultados evidenciaron un colapso inicial del sistema, caracterizado por una deficiente movilidad con demoras de hasta 158.0 s/veh, baja eficiencia temporal, nula seguridad operacional reflejada en una relación volumen/capacidad de 1.33 con riesgo de bloqueos sistémicos y una pésima calidad del servicio operando en Nivel de Servicio F. El análisis causal mediante el diagrama de Pareto determinó que aproximadamente el 70% de la congestión se originaba en factores operacionales, principalmente por un ciclo semafórico ineficiente y la inoperatividad de vías alternas, descartándose limitaciones de infraestructura, es por ello que como parte de la fase de mejora de la metodología, se rediseñaron los parámetros de control proponiendo un ciclo semafórico de 2 fases de 60 segundos, considerando un desfase de 10 segundos y la restricción de giros conflictivos. La comparación inferencial entre el escenario base y el propuesto evidenció una mejora estadísticamente significativa $p < 0.001$ en todos los indicadores evaluados.

Se concluyó que la intervención DMAIC demostró ser efectiva al estructurar una reingeniería operativa que erradica el colapso, devolviendo la movilidad, eficiencia, seguridad y calidad del servicio a la intersección, estabilizándola en niveles de servicio B y C dentro del entorno de simulación validado.

Palabras clave: *DMAIC, desempeño operativo, gestión del tránsito.*

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effectiveness of a DMAIC intervention to improve the operational performance encompassing mobility, efficiency, operational safety, and quality of service of the intersection of Av. Camaná and C. Cayma in the district of Majes, 2025. The research was applied in nature, quantitative in approach and explanatory in design. Continuous 24-hour vehicle counts were performed for 7 days and processed to Micro-simulation with Synchro V.12 and SimTraffic strictly following the HCM 2022.

The results pointed to an initial systemic collapse. Mobility was very bad with delays up to 158.0 s/veh and low temporal efficiency. Operational safety was almost zero with a v/c ratio of 1.33 and a high risk of spillback leading to poor LOS for F. The Pareto diagram revealed that operational factors were responsible for roughly 70% of congestion. This was mainly due to an inefficient signal cycle and non-operational alternative routes, thus eliminating infrastructure constraints. To solve this, control parameters were redesigned. The proposal has a 60-second, two-phase signal cycle with a 10-second offset, and prohibits conflicting turns. Finally, inferential comparison between the baseline and proposed scenario showed a statistically significant improvement $p < 0.001$ for all evaluated indicators.

In conclusion, the DMAIC intervention proved to be effective by structuring an operational re-engineering that eradicates the collapse, restoring mobility, efficiency, safety, and quality of service to the intersection, stabilizing it at standard normative levels (LOS B and C) within the validated simulation environment

Keywords: *DMAIC, operational performance, traffic management.*

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5

1.1 PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN 5

1.2 FORMULACIÓN PROBLEMÁTICA 9

1.2.1 Problema general 9

1.2.2 Problemas específicos 9

1.3 JUSTIFICACIÓN 10

1.3.1 Teórica 10

1.3.2 Práctica 11

1.3.3 Metodológica 11

1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 12

1.4.1 Objetivo general 13

1.4.2 Objetivos específicos 13

1.5 HIPÓTESIS 13

1.5.1 Hipótesis general 13

1.5.2 Hipótesis específicas 14

1.6 VARIABLES E INDICADORES 15

1.7 ALCANCE 16

1.8 LIMITACIONES 17

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 19

2.1 ESTADO DEL ARTE 19

2.1.1 Internacional 19

2.1.2 Nacional 21

2.1.3 Análisis crítico y brecha de investigación 23

2.2 MARCO TEÓRICO 26

2.2.1 Intervención DMAIC 26

2.2.2 Desempeño Operativo 35

2.2.3 Desempeño Macroscópico 37

2.2.4 Desempeño Microscópico 44

2.2.5 Filosofía Six Sigma 47

2.2.6 Principio Poka - Yoke 52

2.2.7 Highway Capacity manual (HCM 2022) 53

2.2.8 Manual de Seguridad Vial del MTC 54

2.2.9 Software de simulación de tráfico: Synchro v.12 56

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 57

2.4 MARCO LEGAL 60

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 61

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 61

3.1.1 Enfoque de la investigación 61

3.1.2 Nivel de investigación 61

3.1.3 Tipo de investigación 62

3.1.4 Diseño de investigación 62

3.2 UNIDADES DE ESTUDIO 63

3.2.1 Población 63

3.2.2 Muestreo 63
3.2.3 Muestra 63
3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 64
3.4 Técnicas y Herramientas de Procesamiento de Datos 69
3.5 Adaptación del ciclo DMAIC a la ingeniería de tránsito 70
3.6 Calibración por Volúmenes Vehiculares 71
3.7 Calibración del Sistema computacional macroscópico (Contraste analítico HCM vs. Software) 72
3.8 Validación de Estabilidad y Confiabilidad de Escenarios 74
3.9 Diagrama de flujo 75
3.10 Esquema metodológico 77
3.11 Evaluación de la Efectividad y Validación de la Mejora 79
CAPÍTULO IV: DESARROLLO 81
4.1 Caso de estudio 81
4.1.1 Delimitación espacial 81
4.1.2 Fundamento de selección de caso de estudio 81
4.1.3 Delimitación temporal 81
4.1.4 Ubicación del caso de estudio 81
4.1.5 Área de estudio 82
4.1.6 Análisis de las avenidas que intervienen en la zona de estudio 83
4.1.7 Análisis del área de impacto 85
4.1.8 Zonificación 86
4.1.9 Clasificación vial 89
4.2 Desarrollo DMAIC 90
4.2.1 DEFINIR 90

4.2.2 MEDIR 97
4.2.3 ANALIZAR 220
4.2.4 IMPLEMENTAR 272
4.2.5 CONTROLAR 356
CAPÍTULO V: RESULTADOS 377
5.1 EFECTIVIDAD DE INTERVENCIÓN DMAIC 377
5.1.1 Diagnóstico del estado del desempeño operativo bajo los parámetros de control actuales de la intersección. 377
5.1.2 Análisis las causas raíz de las deficiencias en los parámetros de control de operación que generan las ineficiencias en el desempeño operativo de la intersección. 386
5.1.3 Diseño de la propuesta de optimización de los parámetros de control para mejorar el desempeño operativo de la intersección. 394
5.1.4 Determinación de la efectividad de la propuesta de optimización de los parámetros de control sobre el desempeño operativo de la intersección contrastando el escenario propuesto frente al actual. 410
5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 439
CONCLUSIONES 446
RECOMENDACIONES 449
REFERENCIAS 451

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables 15

Tabla 2. Estado del arte internacional 19

Tabla 3. Estado del arte nacional..... 21

Tabla 4. Tipo de fase semafórica..... 31

Tabla 5. Área de Estudio 83

Tabla 6. Dimensiones de la Av. Camaná al Norte 99

Tabla 7. Dimensiones de la Av. Camaná al Sur 100

Tabla 8. Dimensiones de la C. Cayma 101

Tabla 9. Registro de tiempos de fases semafóricas 102

Tabla 10. Factor de hora pico..... 127

Tabla 11. Tabla de valores UCP..... 133

Tabla 12. Valores GEH 193

Tabla 13. Valores GEH calculados 195

Tabla 14. Comparación de reporte Synchro y HCM 2022..... 203

Tabla 15. Cuantificación CTQ movilidad escenario base 214

Tabla 16. Cuantificación CTQ eficiencia operativa escenario base..... 215

Tabla 17. Cuantificación CTQ seguridad operacional escenario base 217

Tabla 18. Cuantificación CTQ calidad del servicio escenario base 218

Tabla 19. Señales horizontales en las vías de estudio 224

Tabla 20. Señales verticales en las vías de estudio 226

Tabla 21. Condiciones actuales de las señales horizontales..... 229

Tabla 22. Pérdida de Capacidad por Bloqueo 233

Tabla 23. Cálculo de demanda y saturación Y 235

Tabla 24. Coordenadas de puntos de paraderos identificados..... 243

Tabla 25. Criticidad operativa de paraderos 246

Tabla 26. Resultados de sensibilidad operativa de paraderos 251

Tabla 27. Servicio de Transporte Distrital Interno 253

Tabla 28. Dimensiones geométricas C. S/nombre 257

Tabla 29. Dimensiones geométricas de la C. Castilla 266

Tabla 30. Cálculo de ratio volumen/saturación propuesto 291

Tabla 31. Tiempo de fases y ciclo semafórico propuesto 294

Tabla 32. Relación volumen/saturación 299

Tabla 33. Tiempos de fases y duración del ciclo semafórico propuesto 302

Tabla 34. Coordenadas de puntos de paraderos identificados 307

Tabla 35. Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la movilidad .. 348

Tabla 36. Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la eficiencia ... 350

Tabla 37. Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la seguridad operacional 352

Tabla 38. Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la calidad del servicio 353

Tabla 39. Señal preventiva propuesta para el resalto 365

Tabla 40. Señales de prioridad propuestas 367

Tabla 41. Señales de prohibición propuestas 369

Tabla 42. Señales de restricción propuestas 370

Tabla 43. Señales preventivas propuestas 371

Tabla 44. Señales informativas propuestas 372

Tabla 45. Nivel de servicio fase medir por acceso 381

Tabla 46. Análisis, hallazgos y conclusiones 387

Tabla 47. Frecuencias de causas 391

Tabla 48. Programación semafórica propuesta 395

Tabla 49. Dispositivos implementados 396

Tabla 50. Nivel de servicio actual por acceso VS nivel de servicio propuesto por acceso... 404

Tabla 51. Nivel de servicio actual por acceso VS nivel de servicio propuesto por acceso... 417

Tabla 52. Consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Macroscópico..... 418

Tabla 53. Consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Microscópico 438

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice Tom Tom 2025 2

Figura 2. Noticia sobre población en majes 7

Figura 3. Árbol del Problema 8

Figura 4. Árbol de objetivos 12

Figura 5. Offset semafórico 28

Figura 6. Reparto de tiempos 29

Figura 7. Fases semafóricas 32

Figura 8. Puntos de conflicto vehicular 34

Figura 9. Giro permitido y giro protegido 35

Figura 10. Componentes fundamentales de la filosofía lean six sigma 48

Figura 11. Ciclo DMAIC 50

Figura 12. Estructura de la metodología DMAIC para un proyecto six sigma 52

Figura 13. Plantilla de aforos vehiculares 66

Figura 14. Plantilla de aforo de conflictos por cruces peatonales y por bicicletas 67

Figura 15. Plantilla de aforo de bloqueo de autobús 68

Figura 16. Diagrama de flujo 76

Figura 17. Esquema metodológico optimización bajo el enfoque DMAIC 77

Figura 18. Ubicación del proyecto 82

Figura 19. Lugares concurridos entre la Av. Camaná 84

Figura 20. Zonificación 86

Figura 21. Zona comercial en la Av. Camaná sentido Norte-Sur. 87

Figura 22. Zona comercial en la Av. Camaná sentido Sur-Norte 88

Figura 23. Clasificación Vial 89

Figura 24. Diagrama SIPOC 91

Figura 25. Stakeholder 92

Figura 26. Voz de los actores VOC 93

Figura 27. Agrupación de VOC en CTQs 94

Figura 28. Árbol CTQs 95

Figura 29. Proyect Charter 96

Figura 30. Secciones de corte de la Av. Camaná y C. Cayma 97

Figura 31. Levantamiento de dimensiones C. Cayma 98

Figura 32. Levantamiento de dimensiones de la Av. Camaná 98

Figura 33. Sección de vía A-A 99

Figura 34. Sección B-B 100

Figura 35. Sección C-C 101

Figura 36. Semáforos identificados en la zona de estudio 102

Figura 37. Toma de tiempos de fases semafóricas 103

Figura 38. Sentidos de circulación por acceso 104

Figura 39. Codificación de maniobras 105

Figura 40. Codificación de accesos 106

Figura 41. Consolidado de codificación de maniobras y accesos 106

Figura 42. Camara de seguridad identificada en el área de estudio 107

Figura 43. Visita de central de monitoreo 107

Figura 44. Toma de aforos vehiculares 108

Figura 45. Aforo Vehicular día 10-11-2025 109

Figura 46. Gráfico de barras volumen vehicular 10-11-2025 110

Figura 47. Aforo Vehicular día 11-11-2025 111

Figura 48. Gráfico de barras volumen vehicular 11-11-2025 112

Figura 49. Aforo Vehicular día 12-11-2025 113

Figura 50. Gráfico de barras volumen vehicular 12-11-2025 114

Figura 51. Aforo Vehicular día 13-11-2025 115

Figura 52. Gráfico de barras volumen vehicular 13-11-2025 116

Figura 53. Aforo Vehicular día 14-11-2025 117

Figura 54. Gráfico de barras volumen vehicular 14-11-2025 118

Figura 55. Aforo Vehicular día 15-11-2025 119

Figura 56. Gráfico de barras volumen vehicular 15-11-2025 120

Figura 57. Aforo Vehicular día 16-11-2025 121

Figura 58. Gráfico de barras volumen vehicular 16-11-2025 122

Figura 59. Volumen del tráfico vehicular semanal 123

Figura 60. Consolidado de día con mayor cantidad de vehículos 124

Figura 61. Composición vehicular 125

Figura 62. Distribución del volumen vehicular por acceso 126

Figura 63. Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso A 128

Figura 64. Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso A 128

Figura 65. Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso B 129

Figura 66. Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso B 129

Figura 67. Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso C 130

Figura 68. Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso C 130

Figura 69. Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso D 131

Figura 70. Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso D 131

Figura 71. Consolidado de UCP 133

Figura 72. Codificación de cruceros peatonales 135

Figura 73. Consolidado del conteo de conflictos por cruces peatonales y por bicicletas 136

Figura 74. Peatones en conflicto 138

Figura 75. Codificación de puntos de control bloqueo de autobús 139

Figura 76. Consolidado de puntos de control bloqueo de autobús..... 140

Figura 77. Página de inicio de Synchro V.12..... 144

Figura 78. Mapa de inicio de Synchro V.12 145

Figura 79. Trazo de la intersección en Synchro V.12 145

Figura 80. Carriles de aproximación nodo 1 146

Figura 81. Carriles de aproximación nodo 2 146

Figura 82. Representación de configuración de carriles de aproximación de la intersección 147

Figura 83. Configuración de volúmenes por carril de aproximación nodo N°1 147

Figura 84. Configuración de volúmenes por carril de aproximación nodo N°2 148

Figura 85. Volúmenes vinculados Norte y Este..... 148

Figura 86. Volúmenes vinculados Sur y Oeste 149

Figura 87. Velocidad de enlace Nodo 1 150

Figura 88. Velocidad de enlace Nodo 2 150

Figura 89. Flujo de saturación ideal..... 151

Figura 90. Ancho de carril..... 152

Figura 91. Pendiente o grado de inclinación de la vía 152

Figura 92. Casilla de Area tipo CBD 153

Figura 93. Longitud de almacenamiento..... 154

Figura 94. Giro a la derecha canalizado..... 154

Figura 95. Giro a la derecha en rojo..... 155

Figura 96. Ocultar tramo y ocultar nombre..... 156

Figura 97. Factor de utilización de carril 157

Figura 98. Factor de utilización de carril nodo N°1 157

Figura 99. Factor de utilización de carril nodo N°2 158

Figura 100. Ajuste de giros por la derecha 159

Figura 101. Factor de ajuste por giro a la izquierda protegido 160

Figura 102. Flujo de saturación ajustado protegido 160

Figura 103. Factor de giro a la izquierda permitido 161

Figura 104. Factor de ajuste por peatones y ciclistas 162

Figura 105. Ajuste de peatones en vuelta a la izquierda 162

Figura 106. Flujo de saturación ajustado permitido 163

Figura 107. Consolidado de planilla lane settings Nodo 1 164

Figura 108. Consolidado de planilla lane settings Nodo 2 165

Figura 109. Configuración de carriles y volumen vehicular 166

Figura 110. Volumen de desarrollo, volumen combinado y volumen futuro 166

Figura 111. Numero de peatones y ciclistas en conflicto 167

Figura 112. Factor de hora pico 167

Figura 113. Factor de crecimiento 168

Figura 114. Flujo ajustado 168

Figura 115. Porcentaje de vehículos pesados 169

Figura 116. Bloqueo por autobuses 169

Figura 117. Maniobras de estacionamiento 170

Figura 118. Tráfico a mitad de la cuadra 170

Figura 119. Tráfico en carril compartido y flujo de grupo de carriles 171

Figura 120. Consolidado de planilla Volumen settings Nodo 1 172

Figura 121. Consolidado de planilla Volumen settings Nodo 2 173

Figura 122. Configuración de carriles y volumen de Tráfico 174

Figura 123. Tipo de turno semafórico para el nodo N°1 176

Figura 124. Tipo de turno semafórico para el nodo N°2 176
Figura 125. Codificación NEMA para nodo N°1 178
Figura 126. Codificación NEMA para nodo N°2 178
Figura 127. Flecha amarilla intermitente 179
Figura 128. Parámetros de sistema actuado por el Tráfico 179
Figura 129. Tiempo verde mínimo 180
Figura 130. Tiempo de verde asignado 181
Figura 131. Tiempo de Amarillo Asignado 181
Figura 132. Ciclo semafórico del nodo N°1 182
Figura 133. Ciclo semafórico del nodo N°2 182
Figura 134. Tiempo de todo rojo asignado 182
Figura 135. Ajuste por tiempo perdido 183
Figura 136. Modo de retorno de cada fase 183
Figura 137. Demoras y nivel de servicio del nodo N°1 185
Figura 138. Demoras y nivel de servicio del nodo N°2 185
Figura 139. Numero de nodo 186
Figura 140. Coordenadas de ubicación del nodo 186
Figura 141. Tipo de control semafórico 187
Figura 142. Longitud del ciclo actual 187
Figura 143. Bloqueo de tiempos 188
Figura 144. Consolidado de demoras y nivel de servicio nodo N°1 188
Figura 145. Consolidado de demoras y nivel de servicio nodo N°2 189
Figura 146. Vista grafica de volúmenes vehiculares por acceso en Synchro 189
Figura 147. Vista grafica de niveles de servicio por acceso en Synchro 190
Figura 148. Vista grafica del nivel de servicio general por nodo en Synchro 190

Figura 149. Vista grafica de la simulación del tráfico actual 2D en Synchro 191

Figura 150. Asignación de periodo de calentamiento 192

Figura 151. Asignación de tiempo de recording 192

Figura 152. Volúmenes vehiculares corridas del 1 al 20 194

Figura 153. Variación GEH 195

Figura 154. Restricciones de reporte HCM 2022 197

Figura 155. Resultados escenario base HCM 2022 Nodo 1 199

Figura 156. Resultados escenario base HCM 2022 Nodo 2 200

Figura 157. Resultados Software Synchro V.12 escenario base Nodo 1 201

Figura 158. Resultados Software Synchro V.12 escenario base Nodo 2 202

Figura 159. Resultados obtenidos de las corridas 1 a la 20 del escenario base 205

Figura 160. Resultados obtenidos de las emisiones de las corridas 1 a la 20 del escenario base 206

Figura 161. Gráfico de control I-MR tiempo de viaje escenario base 207

Figura 162. Gráfico de control I-MR retraso total escenario base 208

Figura 163. Gráfico de control I-MR detenciones totales escenario base 209

Figura 164. Gráfico de control I-MR combustible utilizado escenario base 211

Figura 165. Gráfico de control I-MR emisiones CO escenario base 212

Figura 166. Diagrama de Ishikawa 221

Figura 167. Señales horizontales en la Av. Camaná 224

Figura 168. Señales Horizontales en la C. Cayma 225

Figura 169. Señales verticales en la C. Cayma y Av. Camaná 227

Figura 170. Diagrama de tiempo-Espacio actual de la Av. Camaná y C. Cayma 230

Figura 171. Puntos de cruce vehicular en la intersección 238

Figura 172. Puntos de convergencia actual 239

Figura 173. Puntos de divergencia actual 239

Figura 174. Codificación paraderos 242

Figura 175. Georreferenciación de paraderos 242

Figura 176. Punto de control N°2 243

Figura 177. Punto de control N°3 244

Figura 178. Punto de control N°1 244

Figura 179. Punto de control N°4 245

Figura 180. Resultados escenario sin detenciones de transporte público HCM 2022 Nodo 1 249

Figura 181. Resultados escenario sin detenciones de transporte público HCM 2022 Nodo 2 250

Figura 182. Corte D-D 256

Figura 183. Sección de vía corte D-D 257

Figura 184. Calle S/N 258

Figura 185. Sentido de registro de aforo peatonal 260

Figura 186. Consolidado de ficha de conteo peatonal C/S nombre 260

Figura 187. Corte E-E 265

Figura 188. Sección de vía corte E-E 266

Figura 189. Calle Castilla 267

Figura 190. Vista de corte D-D actual VS propuesto 274

Figura 191. Distribución en planta isla central 276

Figura 192. Puntos de divergencia propuesto 281

Figura 193. Puntos de convergencia propuesto 281

Figura 194. Puntos de cruce propuesto 282

Figura 195. Puntos de interacción para fase semafórica Sur y Norte 284

Figura 196. Puntos de interacción para fase semafórica Norte y Oeste 286

Figura 197. Puntos de interacción de C/S nombre y Av. Camaná 295

Figura 198. Puntos de interacción del acceso sur 297

Figura 199. Puntos de interacción del acceso Oeste 298

Figura 200. Distribución temporal del volumen vehicular semanal 303

Figura 201. Georreferenciación de semáforos 307

Figura 202. Adición de carriles de estudio en Synchro V.12 312

Figura 203. Codificación de intersecciones formadas 312

Figura 204. Definición de carriles propuesto para Nodo 1 313

Figura 205. Definición de carriles propuesto para Nodo 2 313

Figura 206. Definición de carriles propuesto para Nodo 3 314

Figura 207. Definición de carriles propuesto para Nodo 4 314

Figura 208. Visualización general de vías trazadas y carriles de acceso propuestos 315

Figura 209. Asignación de volumen propuesto para nodo N°1 316

Figura 210. Asignación de volumen propuesto para nodo N°2 316

Figura 211. Asignación de volumen propuesto para nodo N°3 316

Figura 212. Asignación de volumen propuesto para nodo N°4 317

Figura 213. Marcación de la casilla área tipo CBD propuesta 318

Figura 214. Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°1 319

Figura 215. Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°2 320

Figura 216. Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°3 321

Figura 217. Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°4 322

Figura 218. Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°1 323

Figura 219. Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°2 324

Figura 220. Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°3 325

Figura 221. Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°4 326

Figura 222. Asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°1 327

Figura 223. Representación gráfica del ciclo semafórico propuesto del nodo N°1 327

Figura 224. Asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°2 328

Figura 225. Representación gráfica del ciclo semafórico propuesto del nodo N°2 328

Figura 226. Asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°3 329

Figura 227. Representación gráfica del ciclo semafórico propuesto del nodo N°3 329

Figura 228. Planteamiento de señal ceda el paso para nodo N°4 330

Figura 229. Tiempos de control y nivel de servicio propuestos para el nodo N°1 331

Figura 230. Tiempos de control y nivel de servicio propuestos para el nodo N°2 331

Figura 231. Tiempos de control y nivel de servicio propuestos para el nodo N°3 332

Figura 232. Tipo de control propuesto nodos 1,2 y 3 332

Figura 233. Nivel de servicio, Índice de capacidad y ciclo del nodo N°1 333

Figura 234. Nivel de servicio, Índice de capacidad y ciclo del nodo N°2 334

Figura 235. Nivel de servicio, Índice de capacidad y ciclo del nodo N°3 334

Figura 236. Índice de capacidad nodo N°4 335

Figura 237. Representación gráfica de los volúmenes vehiculares por acceso 335

Figura 238. Niveles de servicio por acceso propuesto 336

Figura 239. Nivel de servicio propuesto 336

Figura 240. simulación del tráfico propuesto 2D 337

Figura 241. Resultados obtenidos de las corridas 1 a la 20 del escenario propuesto 338

Figura 242. Resultados obtenidos de las emisiones de las corridas 1 a la 20 del escenario propuesto 339

Figura 243. Gráfico de control I-MR tiempo de viaje escenario propuesto 340

Figura 244. Gráfico de control I-MR retraso total escenario propuesto 341

Figura 245. Gráfico de control I-MR detenciones totales escenario propuesto 343

Figura 246. Gráfico de control I-MR combustible utilizado escenario propuesto..... 344

Figura 247. Gráfico de control I-MR emisiones CO escenario propuesto..... 346

Figura 248. Dimensiones flechas de dirección de carril propuesto..... 359

Figura 249. Dimensiones ancho de líneas cebra propuesto 360

Figura 250. Dimensiones y características de pintado de ceda el paso..... 362

Figura 251. Radios y Longitudes para resalto de sección circular..... 363

Figura 252. Vista en planta y cortes de resalto de sección circular 364

Figura 253. Corte A-A y B-B de resalto de sección circular 364

Figura 254. Características técnicas de resalto de sección circular..... 365

Figura 255. Demora de control VS. V. estándar LOS "F" por acceso 377

Figura 256. Eficiencia del ciclo semafórico por acceso..... 378

Figura 257. Utilización de la capacidad de la intersección por nodos 379

Figura 258. Longitud de cola del percentil 95 por acceso 380

Figura 259. Tasa de saturación..... 381

Figura 260. Histograma tiempo de viaje base 382

Figura 261. Histograma retraso total base..... 383

Figura 262. Histograma detenciones totales base 383

Figura 263. Histograma combustible utilizado base 384

Figura 264. Histograma emisiones CO base 385

Figura 265. Matriz de criticidad..... 389

Figura 266. Diagrama de Pareto de las causas de ineficiencia operativa..... 392

Figura 267. Señalización horizontal propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C/S nombre y C. Tiabaya 397

Figura 268. Señalización horizontal propuesta para Intersección de la Av. Camaná y C. Cayma

..... 397

Figura 269. Señalización horizontal propuesta para Intersección de la Av. Camaná y C. Castilla 398

Figura 270. Señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C/S nombre y C. Tiabaya 398

Figura 271. Señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C. Cayma. 399

Figura 272. Señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C. Castilla. 399

Figura 273. Demora de control propuesto..... 400

Figura 274. Eficiencia del ciclo semafórico propuesto 401

Figura 275. ICU propuesto..... 402

Figura 276. Longitud de cola del percentil 95 por acceso propuesto..... 403

Figura 277. Tasa de saturación propuesta 404

Figura 278. Histograma tiempo de viaje propuesto 405

Figura 279. Histograma retraso total propuesto 406

Figura 280. Histograma detenciones totales propuesto..... 407

Figura 281. Histograma combustible utilizado propuesto 408

Figura 282. Histograma emisiones CO propuesto 409

Figura 283. Demora de control actual VS propuesto 411

Figura 284. Eficiencia del ciclo semafórico actual VS propuesto 412

Figura 285. ICU actual VS propuesto 413

Figura 286. Longitud de cola del percentil 95 por acceso actual VS propuesto 415

Figura 287. Tasa de saturación actual VS tasa de saturación propuesta 416

Figura 288. Boxplot tiempo de viaje..... 420

Figura 289. Prueba de normalidad tiempo de viaje 421
Figura 290. Gráfico de dispersión tiempo de viaje 422
Figura 291. Prueba de muestras emparejadas tiempo de viaje 423
Figura 292. Tamaño de efecto tiempo de viaje 423
Figura 293. Boxplot retraso total 424
Figura 294. Prueba de normalidad retraso total 425
Figura 295. Gráfico de dispersión retraso total 426
Figura 296. *Tamaño de efecto retraso total* 427
Figura 297. Boxplot detenciones totales 428
Figura 298. Prueba de normalidad detenciones totales 428
Figura 299. Gráfico de dispersión detenciones totales 429
Figura 300. Prueba de muestras emparejadas detenciones totales 430
Figura 301. Tamaño de efecto detenciones totales 430
Figura 302. Boxplot combustible utilizado 431
Figura 303. Boxplot combustible utilizado 432
Figura 304. Gráfico de dispersión combustible utilizado 432
Figura 305. Prueba de muestras emparejadas combustible utilizado 433
Figura 306. Tamaño de efecto combustible utilizado 433
Figura 307. Boxplot emisiones CO 434
Figura 308. Prueba de normalidad emisiones CO 435
Figura 309. Gráfico de dispersión emisiones CO 436
Figura 310. Prueba de muestras emparejadas emisiones CO 437
Figura 311. Tamaño de efecto emisiones CO 437

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia 460

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables 461

Anexo 3. Planos del estado actual y propuesta de mejora, con especificaciones técnicas y detalles de diseño 461

Anexo 4. Aplicación de instrumento “Aforos Vehiculares” del 10 al 16 de noviembre 2026. 473

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el desarrollo de las ciudades y el incremento sostenido del tráfico vehicular han transformado la forma de transitar en las ciudades del mundo. Esto ha generado problemas externos, como la congestión y la ineficiencia. Hoy el problema no es sólo tecnológico ni de inversión económica. Si no, hay una carencia importante de enfoques analíticos y de métodos claros para identificar las causas y mejorar el desempeño deficiente de las vías.

En los países desarrollados, este problema ha llevado al uso de métodos de ingeniería de la calidad para mejorar el tránsito. De estos, el enfoque DMAIC, basado en el modelo Six Sigma, ha resultado de gran ayuda para la resolución de procesos complejos y el análisis probabilístico. Su aplicación en la gestión del tráfico urbano está respaldada por estudios de alcance internacional. Por ejemplo, Lemke et al. (2021) demostraron en Polonia que el uso de dichas metodologías estructuradas mejora la eficiencia operativa de los sistemas de transporte. Raman et al. (2018) en la India y Djajasinga (2020) en Indonesia validaron su aplicabilidad para reducir la congestión urbana. Estos estudios demuestran que la integración del ciclo de mejora continua en el transporte urbano es fundamental para obtener soluciones basadas en evidencia cuantitativa y estocástica.

En nuestro país, uno de los principales problemas que afectan la vida diaria de las personas es el tráfico. Las estrategias de gestión municipal tradicionales, puramente reactivas, no logran absorber el rápido crecimiento del parque automotor. Lo que se evidencia es que no existe una cultura de medición de los indicadores operativos. Según el Índice de Tráfico de TomTom (2024), Lima Metropolitana se ubica entre las diez ciudades más congestionadas del mundo, con un promedio anual de 195 horas perdidas por conductor en las horas punta. Arequipa, por su parte, ocupa el octavo puesto a nivel global, superando a metrópolis como Nueva York.

Figura 1

Índice Tom Tom 2025

Rank	City	Average congestion ↓	Change from 2024	Average speed	Average distance driven in 15 min	Time lost during rush hour per year
1	Mexico City, MX	75.9%	↓ -3.6 pp	17.4 km/h	4.4 km	184 hours
2	Bengaluru, IN	74.4%	↑ +1.7 pp	16.6 km/h	4.2 km	168 hours
3	Dublin, IE	72.9%	↑ +1.7 pp	17.4 km/h	4.4 km	191 hours
4	Lodz, PL	72.8%	↑ +1.1 pp	22.5 km/h	5.6 km	135 hours
5	Pune, IN	71.1%	↑ +5.4 pp	18 km/h	4.5 km	152 hours
6	Lublin, PL	70.4%	↑ +3.4 pp	27 km/h	6.8 km	117 hours
7	Bogota, CO	69.6%	↑ +7.7 pp	18.9 km/h	4.7 km	153 hours
8	Arequipa, PE	69.5%	↑ +1.9 pp	18 km/h	4.5 km	154 hours
9	Lima, PE	69.3%	↑ +0.8 pp	17.2 km/h	4.3 km	195 hours

Nota. Se muestra el índice de tráfico TomTom 2025, tomado de TomTom Traffic Index 2026.

En este sentido, el distrito de Majes evidencia los efectos de un crecimiento urbano acelerado y desordenado. Su principal centro urbano, El Pedregal, según los registros históricos, pasó de tener 2000 habitantes en 1983 a más de 200000 en la actualidad. Esto ha generado una alta demanda de vehículos en un sistema vial diseñado para flujos mucho menores. La diferencia entre la cantidad de vehículos y la capacidad de las vías hace que importantes puntos de intersección, como el de la Avenida Camaná con la Calle Cayma, colapsen con frecuencia. Este punto, debido a la concentración de comercios y viviendas, aumenta los conflictos, la saturación y largas demoras en los traslados.

En este sentido, la investigación propone mejorar los parámetros de control mediante la estructura de enfoque DMAIC. Se entiende como una opción técnica y estratégica para mejorar el desempeño operativo de la intersección en estudio. Se sostiene que no basta con un diagnóstico puntual y empírico. Más bien, lo que se requiere es aplicar un riguroso marco metodológico que permita identificar las causas estructurales y cuantificar los indicadores clave. Las mejoras deben validarse también mediante microsimulación estocástica, con aplicación de métodos probabilísticos (Synchro/SimTraffic V.12) y bajo los más estrictos estándares del Manual de capacidad de carreteras (HCM 2022). De esta manera la gestión local se alinea a las normas internacionales de ingeniería de tránsito.

El desarrollo del estudio es pertinente y necesario, ya que aborda un problema físico verificable, que afecta tanto al orden vial como a la productividad urbana. Presenta un modelo de reingeniería operativa con resultados comprobados, y ofrece un marco de simulación para ser replicado en otros cruces. De este modo la tesis aporta desde la ingeniería civil una visión actual que supera la tradicional metodología de ensayo y error. Se orienta hacia una gestión basada en la relación causa-efecto.

El objetivo principal es evaluar si la optimización de los parámetros de control a través del enfoque DMAIC mejora el desempeño operativo de la intersección entre la Avenida Camaná y la Calle Cayma, del Distrito de Majes, Arequipa, en el 2025. Esa optimización, al aplicarse y comprobarse en entornos de simulación, se supone que reducirá los tiempos de demora de forma estadísticamente significativa. Esto hará que el flujo continuo vuelva a ser eficiente. Con el fin de cumplir este objetivo, se estructuró el documento de la siguiente manera:

- **El Capítulo I** plantea el problema, los objetivos de la investigación y las hipótesis.
- **El Capítulo II** aborda el marco teórico, el marco conceptual, el marco normativo y los antecedentes, estableciendo las bases conceptuales y científicas de las variables de estudio.
- **El Capítulo III** describe la metodología empleada en la investigación.
- **El Capítulo IV** corresponde al desarrollo del estudio y detalla los procedimientos operativos y la aplicación de las 5 fases de DMAIC.
- **El Capítulo V** presenta los resultados obtenidos y la discusión.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problemática de la Investigación

La rapidez del crecimiento y desarrollo urbano es uno de los fenómenos más influyentes del siglo XXI, generando una presión y demanda significativa sobre la infraestructura de transporte existente. A nivel mundial, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), la congestión vehicular se ha convertido en un problema que afecta la calidad de vida y la productividad. En línea con lo que promueve la Agenda 2030 de la ONU, con el objetivo de desarrollo sostenible ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), específicamente con la meta 11.2 (sistemas de transporte sostenibles). Se hace evidente la necesidad de una transición urgente, de dejar de planificar la expansión de infraestructura, a menudo costosa e inviable, y pasar a la optimización y gestión de la operación existente.

El principal impedimento para hacer frente a la congestión vehicular no radica exclusivamente en la falta de tecnología, sino en la dependencia de enfoques empíricos en la gestión del tránsito. El contraste entre los países del mundo en la forma de abordar este problema es evidente, puesto que, mientras que en países que cuentan con tecnología avanzada y recursos económicos sostenibles han optado por sistemas adaptativos como, por ejemplo, GLIDE en Singapur o SCATS en Australia, la literatura académica muestra que la gestión del tráfico aún es incipiente y presenta una brecha mundial.

De hecho, autores como Lemke et al. (2021) postulan que la aplicación de metodologías estructuradas de mejora continua, como Six Sigma y DMAIC, en el transporte urbano aún es incipiente y constituye un importante vacío de investigación.

Actualmente, Perú se presenta como un referente crítico de este doble desafío: la severa congestión vehicular y la brecha metodológica en la gestión. Según el reporte del Índice de Tráfico elaborado por TomTom (2024), Lima se posicionó como la novena ciudad más congestionada del mundo, donde los conductores pierden un promedio de 195 horas anuales

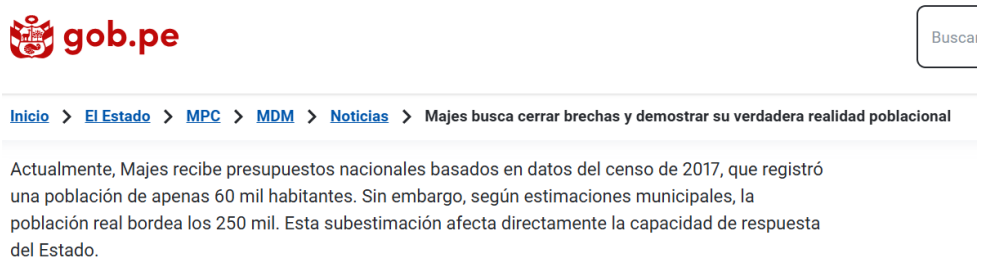
en el tráfico durante las horas punta. Esta tendencia nacional se ve impulsada por un desequilibrio entre el crecimiento de la infraestructura y el aumento del parque automotor. A nivel nacional, la Asociación Automotriz del Perú (2024) reporta que solo en 2023 la venta de vehículos livianos nuevos creció un 2.9% en comparación con el año anterior.

Este fenómeno se replica con especial intensidad en regiones de alto dinamismo económico como Arequipa. El mismo informe global de TomTom (2024) ubica a Arequipa en el octavo puesto de las ciudades con peor tráfico a nivel mundial, superando a metrópolis como Nueva York o Tokio, con conductores que pierden un promedio de 154 horas al año. La situación es crítica, puesto que durante los años 2022 y 2023 se incorporaron aproximadamente 16000 vehículos nuevos cada año al parque automotor arequipeño, y Turpo (2025) proyecta que solo para el presente periodo esta cifra aumentará a 22000 unidades nuevas.

A nivel distrital, Majes ha experimentado un incremento rápido y sostenido de su población, especialmente en El Pedregal, su centro poblado más importante. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), la población pasó de ser una pequeña comunidad de apenas 2000 habitantes en 1983 a más de 62000 habitantes hasta el año 2017. Asimismo, fuentes locales, ver Figura N°2 aseguran que en lo que va del presente año se estarían alcanzando los 250000 habitantes. Este crecimiento demográfico ha generado una demanda creciente de movilidad que la infraestructura vial actual no logra satisfacer adecuadamente.

Figura 2

Noticia sobre población en majes



Nota. Se muestra noticia sobre población de majes, tomado de la página oficial del gobierno peruano 2026.

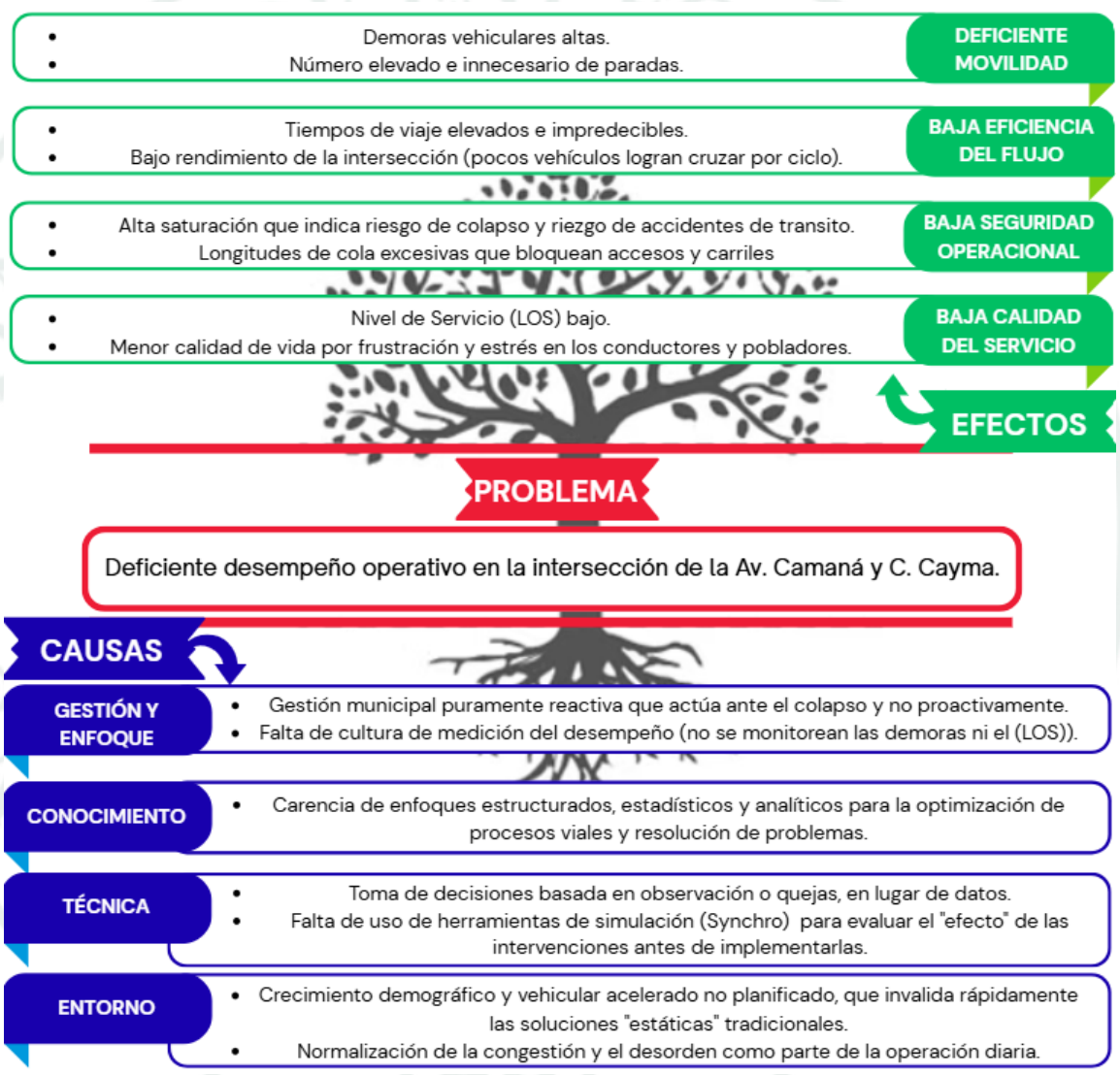
En este escenario, la intersección entre la Avenida Camaná y la Calle Cayma desempeña un papel clave en la circulación vial de la zona, ya que conecta áreas comerciales, educativas, recreativas y residenciales de alta afluencia. Actualmente, esta intersección presenta, diariamente y en horas de alta demanda, un volumen vehicular mixto de hasta 1658 vehículos por hora en promedio. Esta cantidad de vehículos por día supera los límites actuales de control. La intersección no da abasto. Esto da como resultado un Nivel de Servicio F, con demoras promedio de hasta 158 segundos por vehículo y un índice de saturación crítico de hasta 1.33.

No es casualidad el bajo desempeño operativo. Son el efecto directo de causas físicas y de gestión: una geometría vial que no se adecuó al rápido aumento del tráfico, una mala distribución de fases semafóricas o decisiones técnicas adoptadas sin un estudio profundo. La administración municipal actúa de manera reactiva, lo cual impide resolver el problema de la congestión. Se emplean técnicas de prueba y se limitan a aplicar soluciones parciales a través del ensayo y error. Estas prácticas tradicionales no son eficaces porque se dedican a aliviar los síntomas externos, pero no tratan de identificar y eliminar la causa de fondo del problema. Esta falta de rigor no permite evaluar y controlar continuamente los factores claves de calidad como

la movilidad, la eficiencia del flujo, la seguridad operacional. Esta problemática se resume y se presenta en la figura N°3, en el árbol de problemas que identifica sus principales causas y consecuencias.

Figura 3

Árbol del Problema



Nota. Se muestra el árbol del problema, identificando sus causas y consecuencias. Fuente: Elaboración propia.

Debido a que se necesita revertir este ciclo de desorden y congestionamiento, se propone la aplicación de una intervención DMAIC, este no se formula como el problema en sí, sino la forma en que hay que trabajar para analizar las causas fundamentales del bajo desempeño operativo. Con este método se podrá valorar el problema mediante datos y comprobar las soluciones preventivas por medio de una microsimulación estocástica. De esta manera, se mejora la capacidad vial y el Nivel de Servicio sin necesidad de realizar costosas ampliaciones físicas, y se asegura un modelo de toma de decisiones sostenible.

1.2 Formulación Problemática

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la efectividad de una Intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Avenida Camaná y Calle Cayma, El Pedregal, Majes, Arequipa, 2025?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la movilidad de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025?
- ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la Eficiencia de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025?
- ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la Seguridad Operacional de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025?
- ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la Calidad del servicio de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025?

1.3 Justificación

El distrito de Majes, y en particular El Pedregal, ha experimentado un rápido crecimiento urbano que ha generado un incremento exponencial del parque automotor y de la demanda de transporte. Sin embargo, las vías actuales funcionan de manera ineficiente porque no han evolucionado a la par de la demanda. La falta de esta coordinación tiene efectos negativos severos y medibles en las horas pico. Se nota en la congestión, las largas demoras y el colapso en puntos clave, como en la intersección de la Avenida Camaná con la Calle Cayma. Ante la falta de mejora de este mal desempeño operativo con las soluciones reactivas de siempre, esta investigación propone una intervención integral, basada en la metodología DMAIC, apoyada en tres ejes fundamentales.

1.3.1 Teórica

La investigación encuentra su justificación teórica en la extrapolación de la metodología DMAIC, de uso habitual en el entorno empresarial y en la industria para la resolución estructurada de problemas, al campo de la ingeniería de tránsito. El estudio contribuye al conocimiento académico al demostrar que la solución al colapso vial no radica en la ampliación de la infraestructura física. También depende de diagnosticar la relación de causa-efecto del problema y de mejorar los procesos operativos actuales con un enfoque basado en datos. De este modo, se generan bases conceptuales claras para impulsar una gestión vial estadística y estructurada. Dejando atrás las decisiones empíricas o reactivas en la administración del tránsito vehicular.

1.3.2 Práctica

Desde un enfoque práctico, el estudio aborda un problema real que afecta directamente la economía y el medio ambiente de El Pedregal. En los ámbitos social y económico, elevar la capacidad operativa de la intersección contribuye a recuperar la movilidad urbana. También reduce los tiempos de traslado, los costos y el consumo de combustible. Por otra parte, en cuanto al medio ambiente, la reducción de la congestión y de los ciclos ineficientes de frenado y aceleración contribuye a disminuir las emisiones de gases contaminantes y el ruido en la ciudad. Así, la investigación ofrece una solución de reingeniería operativa comprobada, viable, barata y rápida de aplicar. Esto resulta más atractivo que realizar costosas obras civiles y contribuye a mejorar la calidad de vida de la población.

1.3.3 Metodológica

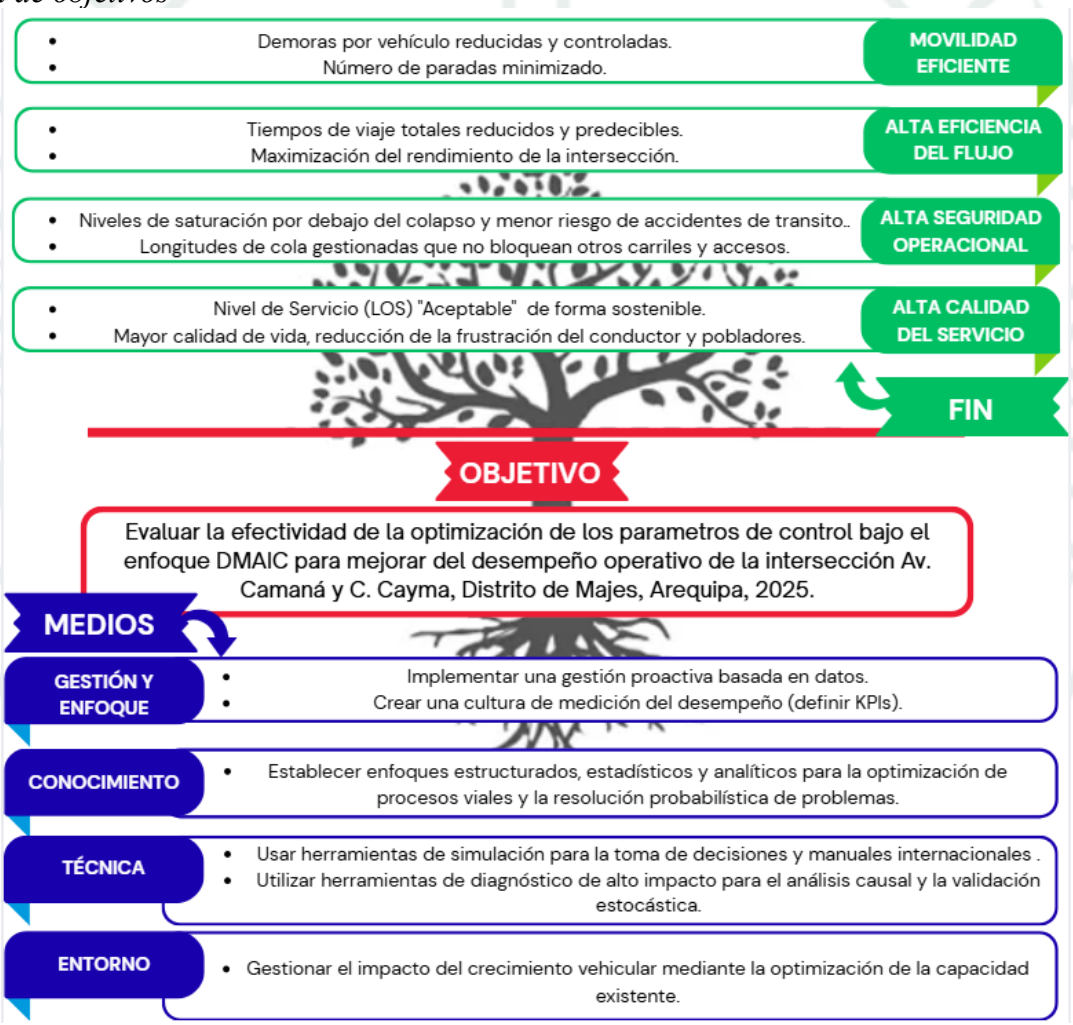
El aporte metodológico de este trabajo consiste en la combinación de la metodología de mejora continua DMAIC con la modelación estocástica mediante el software de microsimulación Synchro/SimTraffic y los rigurosos criterios establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2022). Esta combinación permite diagnosticar con mucha precisión el estado actual de la vía. También comprueba, de forma probabilística, la eficacia de las propuestas de mejora en un entorno virtual controlado. Esto ocurre antes de aplicarlas en la realidad. Por lo tanto, el estudio establece un procedimiento claro, cuantitativo y que se puede replicar en otros estudios de tránsito. Sirve como un modelo metodológico sólido para evaluar y resolver problemas de desempeño operativo.

1.4 Objetivo de la investigación

La Figura N.º 4 facilita la transición lógica desde los problemas identificados en la sección anterior hasta los resultados positivos esperados; de esta manera, se demuestra que la intervención DMAIC propuesta no solo busca mejorar la movilidad, la eficiencia, la seguridad y la calidad del servicio en la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma, sino que también se basa en acciones claras de gestión, conocimiento, técnica y entorno; con ello se garantiza una respuesta integral y sostenible a los desafíos de la movilidad urbana en El Pedregal.

Figura 4

Árbol de objetivos



Nota. Se muestra el árbol de objetivos identificando medios y fines esperados, Fuente: Elaboración propia.

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la efectividad de la Intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Avenida Camaná y Calle Cayma, El Pedregal, Majes, Arequipa, 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la movilidad de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.
- Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la Eficiencia de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.
- Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la Seguridad Operacional de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa,2025.
- Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la Calidad del Servicio de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

H1: Una Intervención DMAIC es efectiva para mejorar el desempeño operativo de la intersección Avenida Camaná y Calle Cayma, El Pedregal, Majes, Arequipa, 2025.

H0: Una Intervención DMAIC no es efectiva para mejorar el desempeño operativo de la intersección Avenida Camaná y Calle Cayma, El Pedregal, Majes, Arequipa, 2025.

1.5.2 Hipótesis específicas

- La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Movilidad de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.
- La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Eficiencia, de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.
- La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Seguridad Operacional de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.
- La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Calidad del Servicio de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

1.6 Variables e indicadores

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
(variable independiente) **Intervención DMAIC**	Aplicación DMAIC orientada a la resolución analítica de ineficiencias, constituye el conjunto de factores operativos y parámetros de control que determinan el desempeño, los cuales son evaluados y optimizados bajo un enfoque cuantitativo y analítico para suprimir la variabilidad erradicar los defectos y garantizar la calidad y eficiencia operativa (De Mast & Lokkerbol, 2012; Pyzdek & Keller, 2023)	Evaluación y optimización, mediante la aplicación de la metodología DMAIC, de los factores operativos y parámetros de control del tránsito que intervienen en el funcionamiento de la intersección, considerando la programación semafórica, la gestión de fases y la geometría operacional, con el fin de mejorar su desempeño operativo.	**Programación semafórica**	Longitud de Ciclo	(s)
				Reparto de tiempos	(s)
				N° de fases operativas	(und)
			Configuración Geométrica y Operacional	Tipo de Fase de Giro	(Permitido/ Protegido)
				Puntos de conflicto	(und)
(variable dependiente) **Desempeño Operativo**	Nivel de eficiencia, fluidez y sostenibilidad con el que una intersección procesa la demanda vehicular, evaluado a partir de la interacción entre la capacidad de la infraestructura y el volumen de tránsito.	Cuantificación numérica del estado de la intersección mediante la extracción de indicadores determinísticos y estocásticos, permitiendo contrastar la efectividad del escenario propuesto frente al actual.	**Desempeño Macroscópico**	Demora de control	(s/veh)
				Ratio g/C	(%)
				ICU (capacidad)	(%)
				Longitud de cola 95th	(m)
				Tasa de saturación	(v/c)
				Nivel de servicio	(A-F)
			Desempeño Microscópico	Tiempo de viaje	(Hr)
				Retraso total	(Hr)
				Detenciones totales	(und)
				Combustible utilizado	(L)
				Emisiones CO	(gr)

Nota. Se muestra la operacionalización de variables de la presente investigación, Fuente: Elaboración propia.

1.7 Alcance

Frente a la necesidad de mitigar la congestión vehicular generada por el rápido crecimiento urbano y automotor en el distrito de Majes, el presente estudio se enmarca, de manera general, en el campo de la ingeniería de tránsito.

En este marco la presente investigación se orienta a proponer y evaluar la efectividad de la optimización de los parámetros de control, estructurada bajo el enfoque DMAIC, esto, con el fin de mejorar el desempeño operativo en la intersección objeto de estudio. Esta intervención abarca la aplicación íntegra del ciclo (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), restringiéndose espacialmente a la intersección que forma la Avenida Camaná con la Calle Cayma, en El Pedregal, Majes, cabe reconocer que, si bien los resultados de la investigación se exponen en un entorno de microsimulación, el marco metodológico planteado tiene como objetivo establecer un esquema analítico replicable, que sirva como modelo de diagnóstico causal y de evaluación estocástica para otras intersecciones urbanas, limitando su validez a la validación virtual previa a cualquier implementación física.

Desde el punto de vista metodológico, se emplea un diseño de investigación cuantitativo y explicativo, en el cual se hace una comparación estadística entre una línea de base del estado actual y la propuesta de reingeniería operativa; esto permite comprobar, de forma probabilística, la relación causa-efecto de las mejoras puestas en marcha; el análisis está basado en los criterios del Highway Capacity Manual (HCM 2022) y de los manuales vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Además, se harán la modelación, la simulación y la extracción de datos operativos mediante el software especializado Synchro/SimTraffic V.12.

Finalmente, la intervención propuesta evaluará la optimización de tres dimensiones fundamentales, de carácter operativo: Programación Semafórica, Gestión de Fases y Geometría operacional. Por lo tanto, el objetivo del estudio se centra en maximizar la capacidad de la

infraestructura existente, sin contemplar explícitamente ni el diseño estructural de los pavimentos ni la propuesta de nuevas obras civiles a desnivel.

1.8 Limitaciones

Reconocer los límites metodológicos y contextuales de la investigación es esencial para garantizar una interpretación correcta de los resultados.

En primer lugar, la restricción espacial reduce la validez externa de los resultados. Los resultados solo son aplicables a la intersección entre la Avenida Camaná y la Calle Cayma. Por ello, estas métricas no son válidas para otras intersecciones, que presentan formas y patrones de demanda muy diferentes. Además, el alcance de la intervención se limita a mejorar los parámetros de control operativo a corto plazo. Por tal motivo, en esta investigación no se contemplan opciones de rediseño de infraestructura mayor, como la adición de carriles, la implementación de rotondas o la construcción de pasos a desnivel.

En segundo lugar, respecto a la recolección empírica de datos, la medición se realizó de forma continua durante una semana, las 24 horas del día. De esta forma, se cumplió con el tiempo mínimo exigido por el Manual de Diseño Geométrico (DG-2018). El aforo durante el día se realizó de forma presencial. Para registrar los datos nocturnos se emplearon cámaras de videovigilancia. Hay que aclarar que, debido a problemas administrativos y al retraso de la municipalidad en la gestión de los documentos, se accedió a las grabaciones gracias a gestiones directas con el área operativa. Con esta medida se pudo completar el conteo sin interrupciones ni comprometer el rigor metodológico del estudio.

En tercer lugar, la Avenida Camaná tiene una sección de vía estrecha, y no dispone de espacios físicos adecuados para la ubicación de paraderos formales. Actualmente, el transporte público presenta paradas dispersas e ilegales. Esta situación informal va más allá del alcance

de este estudio. En el presente estudio solo se abordan el flujo vehicular general y la reingeniería de las fases semafóricas. Las variables externas relativas a la propuesta y al ordenamiento de paraderos se consideran y se recomienda abordarlas en investigaciones futuras.

Finalmente, existe una limitación propia del entorno en el que se comprueba la hipótesis. Dado que la efectividad de la intervención se mide en un entorno de microsimulación computacional estocástica mediante Synchro y SimTraffic, los resultados obtenidos son proyecciones probabilísticas de alta precisión matemática. Sin embargo, al ser un modelo virtual, los indicadores finales de eficiencia se basan en un comportamiento vehicular estandarizado. Esto puede variar ligeramente debido a factores externos impredecibles en un entorno físico real, tales como anomalías climáticas extremas o infracciones de conducta poco comunes.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

2.1.1 Internacional

Tabla 2

Estado del arte internacional

Autor(es) y País	Año	Método	Relevancia
Siddra Qayyum, Fahim Ullah, Fadi Al-Turjman, Mohammad Mojtahedi **(Australia y Turquía)**	2021	El estudio emplea una revisión sistemática de la literatura enfocada en la gestión urbana, que toma como eje una variante nueva de la metodología Six Sigma llamada DMADICV, que significa Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Mejorar, Controlar y Verificar.	La investigación da como propuesta un marco de gestión estructurado para proyectos de ciudades inteligentes, ya que su principal aporte consiste en demostrar que los métodos derivados de Six Sigma, como el ciclo DMAIC, constituyen mecanismos de evaluación muy sólidos para medir, controlar y mejorar de forma sistemática el rendimiento de procesos urbanos complejos.
Justyna Lemke, Kinga Kijewska, Stanisław Iwan, Tomasz Dudek **(Polonia)**	2021	La investigación aplica el ciclo DMAIC. Usa herramientas analíticas como los árboles CTQ (Crítico para la Calidad), el Diagrama de Ishikawa para identificar causas raíz y el Diseño de Experimentos (DOE) para realizar comprobaciones.	El estudio busca mejorar los procesos de logística urbana y de tráfico. Evalúa directamente cómo esto afecta el consumo de combustible. Su aporte principal es demostrar, con datos, que cambiar la forma en que se usa la vía, como limitar ciertos giros de vehículos, mejora significativamente el desempeño. Sin necesidad de construir nueva infraestructura para lograrlo.

Kuvvetli & Firuzan **(Turquía)**	2019	El trabajo se sustenta en el ciclo DMAIC. Incorpora herramientas de diagnóstico y análisis tales como el diagrama de Ishikawa y el de Pareto. Emplea análisis estadísticos tales como modelos ANOVA y regresión logística.	La meta principal es reducir los niveles de accidentes de tránsito en los que estén involucrados los autobuses del transporte público. El estudio demuestra que las herramientas estadísticas de calidad son muy útiles para identificar las causas raíz. Esto produce una mejora comprobada del 20 % en la reducción de la siniestralidad vial.
Zhang & Awasthi **(Canadá)**	2016	El estudio aplica el ciclo DMAIC completo. Para la recopilación de datos y su respectivo análisis se emplearon varias encuestas de campo, la elaboración del Diagrama de Ishikawa, el Análisis de Pareto y los Gráficos de Control.	La investigación tenía como objetivo reducir la contaminación ambiental, la severa congestión vehicular y el cansancio de los conductores. La contribución metodológica demuestra que la aplicación estricta de las cinco etapas del ciclo permite priorizar de forma efectiva los factores críticos de congestión y, de este modo, establecer controles operativos que aseguren la continuidad de las mejoras a largo plazo.

Nota. Se presenta el estado del arte internacional. Fuente: Elaboración propia.

La revisión de la literatura internacional evidencia una clara tendencia metodológica a la extrapolación de la herramienta industrial Six Sigma (DMAIC) hacia la ingeniería de tránsito es altamente efectiva. Los estudios en India, Indonesia, Turquía y Canadá demuestran que el uso de herramientas estadísticas como Pareto o Ishikawa permiten aislar las causas reales de la congestión y reducir las demoras de manera paramétrica y no solo observacional.

2.1.2 Nacional

Tabla 3

Estado del arte nacional

Autor(es) y ciudad	Año	Métodos	Relevancia
William Aire, Jose Borra, Enzo Ortiz, Victor Quispe (Lima, Perú)	2021	La investigación implementa la metodología Lean Six Sigma y su ciclo DMAIC, aplicando el levantamiento de indicadores de cumplimiento y tiempos de entrega en la fase de medición, y ejecutando un diagnóstico profundo de las causas raíz en la fase de análisis.	El estudio aborda la necesidad de reducir los tiempos de ciclo y mitigar las deficiencias en servicios logísticos. Su principal aporte empírico es demostrar que la falta de estandarización genera una alta variabilidad en los procesos, y que la estructuración mediante el rediseño del flujo de trabajo incrementa significativamente la eficiencia operativa.
Rolando Salazar (Tacna, Perú)	2019	El estudio evalúa cuantitativamente el flujo vehicular. Se basa en la recolección íntegra de aforos direccionales continuos en campo. El objetivo es conocer la demanda real de tránsito y determinar el nivel de servicio actual.	La investigación aborda el problema de la fuerte congestión causada por la mala gestión de la capacidad instalada en las vías principales. Su contribución consiste en demostrar cómo el ajuste técnico de las variables operativas, basado en el análisis de los tiempos de espera, mejora notablemente el funcionamiento de las intersecciones principales y del flujo vehicular.

Manuel Silvera (Piura, Perú)	2020	La investigación realiza una evaluación operativa de una red de intersecciones con semáforos. Integra la metodología del HCM 2016 con el procesamiento de parámetros geométricos y de fase mediante los programas de microsimulación Synchro y Vissim.	El trabajo se centra en la falta de instrumentos de precisión para evaluar la capacidad de la infraestructura vial en entornos urbanos. Con ello, su contribución, desde el punto de vista metodológico, consiste en demostrar que la simulación digital de variables físicas permite obtener una representación exacta del desempeño operativo real, lo que facilita el cálculo de las demoras por control y la localización puntual de cuellos de botella.
Luis Mendoza (Chiclayo, Perú)	2023	El trabajo se basa en un enfoque cuantitativo no experimental para formular un plan de gestión del tránsito. Se realiza un estudio exhaustivo de los aforos vehiculares direccionales y se evalúa la capacidad geométrica actual en los puntos críticos de la red vial urbana.	El estudio se centra en el colapso operativo derivado del crecimiento desordenado del sector automotor, de la deficiente señalización de los semáforos y de la falta de planificación. Los datos demuestran que al combinar un rediseño de la intersección con una mejora de los ciclos de los semáforos, se reducen significativamente los atascos.
Gianina Ayllón (Lima, Perú)	2024	El estudio utiliza un diseño cuantitativo de campo, no experimental y transversal. Se basa en la aplicación de encuestas estructuradas a una muestra representativa de conductores, peatones y autoridades. Se pretende medir y comparar las	El estudio investiga el colapso del transporte en corredores de alta demanda. Eso pasa porque el gobierno no adopta las medidas que debe. El trabajo demuestra, con datos, que una gestión y planificación adecuadas del tránsito ayudan a reducir el congestionamiento en horas pico. De esta manera, se mejora el flujo

	variables del flujo vehicular y de la señalización.	vehicular y se reduce el estrés de los usuarios.

Nota. Se muestra el estado del arte nacional, Fuente: Elaboración propia.

El análisis del estado del arte nacional demuestra que la gestión del tráfico en el Perú se aborda principalmente mediante el cálculo de la capacidad vial (HCM), el empleo de micro simuladores como Synchro y Vissim o mediante encuestas de percepción social, permitiendo diagnosticar el Nivel de Servicio (LOS) y proponer rediseños geométricos, sin embargo se evidencia una carencia de enfoque metodológico significativo que es la ausencia de marcos estructurados de mejora continua como DMAIC que aseguren la sostenibilidad y el control de las intervenciones propuestas.

2.1.3 Análisis crítico y brecha de investigación

La revisión de la literatura existente permite observar un claro consenso internacional sobre la efectividad de la extrapolación del ciclo DMAIC a la gestión de la movilidad urbana y a la ingeniería de tránsito, diversos investigadores, tales como Raman et al. (2018), Djajasinga (2020) y Zhang & Awasthi (2016), demuestran de manera consistente que el uso de herramientas estadísticas de calidad derivadas del modelo six sigma permiten aislar de manera estructurada las causas raíz de la congestión y reducir las demoras vehiculares sin depender exclusivamente de obras civiles invasivas. Del mismo modo, la versatilidad de este enfoque es demostrada por investigaciones como las realizadas por Lemke et al. (2021) y Kuvvetli & Firuzan (2019) quienes han constatado que la metodología Six Sigma mejora el consumo de

combustible y la seguridad operacional mientras que el estudio desarrollado por Qayyum et al. (2021) eleva este modelo a la macrogestión de las Smart Cities; es por ello que en la literatura internacional existen varios estudios que afirman que DMAIC es una metodología adecuada y eficaz para el manejo del tránsito en escenarios dinámicos y estocásticos.

Cuando se comparan directamente, los estudios sobre los antecedentes nacionales muestran una brecha científica y metodológica fundamental en nuestro país; autores como Artezano y cols. (2021) afirman que en el Perú, si bien se han dado aplicaciones exitosas de Lean Six Sigma, estas se reducen prácticamente a empresas, industrias o contextos logísticos cerrados; por otra parte, la problemática del tránsito urbano, abordada localmente por autores como Salazar (2019), Mendoza (2023), Morales (2024) y Dhaga del Castillo (2025), se enfrenta mayoritariamente desde enfoques de diagnóstico puramente observacionales o a través de propuestas de rediseño geométrico masivo. A pesar de que investigaciones como la de Silvera (2020) acertaran al emplear herramientas paramétricas rigurosas, tales como el manual Highway Capacity Manual (HCM) y los microsimuladores Synchro y Vissim, el principal vacío estaría en la ausencia de una directriz metodológica estructurada para la mejora continua. Estos estudios peruanos brindan soluciones a problemas de capacidad vial, pero carecen de una secuencia lógica que guíe la intervención, es decir, carecen de un marco integrado que permita objetivamente identificar la causa raíz, analizar la variabilidad del flujo, resolver el problema operativo y lo más crítico, mantener y estandarizar esa mejora en el largo plazo.

Es en esta brecha, tanto literaria como operativa, donde la presente investigación sustenta su aporte conceptual principal a la ingeniería civil; pues esta tesis, a diferencia de estudios anteriores, no se limita a proponer simulaciones estáticas o a sugerir cambios físicos aislados en la vía, sino que utiliza el ciclo DMAIC como una metodología estructurada paso a paso, este enfoque da una hoja de ruta clara, iterativa y científica para hacer el análisis y la reingeniería de la intersección de Av. Camaná con C. Cayma, distrito de Majes; con este nuevo

enfoque de investigación, se caracteriza el verdadero problema operativo, dejando de lado el modelo clásico de referencia industrial, y se consideran “defectos” los tiempos excesivos con relación a los límites normativos de aceptabilidad, es desde ese punto donde se mide el impacto paramétrico, tanto a nivel macro como microscópico, se investigan analíticamente las causas fundamentales de las colas sucesivas, se mejora la eficiencia del flujo vehicular y se crean mecanismos de control estadístico para mantener el desempeño operativo en el tiempo. De esta manera, se aporta a la ingeniería de tránsito peruana, un modelo de mejora continua integral, preventivo, de bajo costo infraestructural y altamente replicable en la gestión municipal.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Intervención DMAIC

Se plantea como una propuesta de solución técnica, organizada, basada en el ciclo de mejora continua del sistema Six Sigma y en la metodología que a diferencia de las intervenciones convencionales que proponen soluciones fijas y aisladas, es un proceso dinámico orientado a la erradicación definitiva de las fallas sistémicas; esta metodología proporciona, según Gutiérrez et al. (2013), una base rigurosa basada en datos reales; Esto es lo que permite monitorear el estado real de un proceso operativo y realizar cambios que perduren en el tiempo. Para que funcione bien es necesario conectar sus distintas etapas. Se hace hincapié en la repercusión de las etapas de Análisis y de Mejora. Pyzdek y Keller (2023) afirman que la fase de Mejora se orienta a idear, ensayar y comparar alternativas de mejora, con el objetivo de eliminar las causas principales del problema; para el caso especifico de las redes viales, esto implica una reducción de la congestión, los autores también indican que el proceso no acaba en el rediseño, sino que necesita un plan de control estricto. Y esta última indicación es clave para establecer las nuevas mediciones operativas y evitar que la intersección caiga en el mismo colapso de antes.

2.2.1.1 Programación semafórica

Según Cal y Mayor & Cárdenas (2018), la estructuración de las fases semafóricas debe guardar una relación estricta y directamente proporcional con los volúmenes de demanda; esto es, la duración de los intervalos de paso está determinada por la carga vehicular real. Con el fin de operacionalizar este principio, la métrica base es la longitud de ciclo, definida por el Transportation Research Board (2016) como el tiempo total necesario para completar una secuencia continua de indicaciones visuales para todos los movimientos. Es necesario optimizar analíticamente esta longitud: un ciclo muy corto lleva a cruzar la frontera de la

sobresaturación debido a la penalización acumulada de los tiempos perdidos de despeje, y un ciclo muy largo produce retrasos artificiales, descontento del conductor y un alargamiento innecesario de las colas.

La longitud óptima del ciclo general establecida, la eficiencia geométrica y funcional del sistema dependen únicamente de la precisión del reparto de tiempos, por lo cual se debe asignar el tiempo verde efectivo de forma proporcional a cada fase, autores como Papageorgiou et al. (2003) establecen que este reparto no puede ser estático ni arbitrario, sino que debe calcularse matemáticamente mediante la igualación de los grados de saturación de los movimientos críticos concurrentes, en la misma línea de rigor analítico los autores Stevanovic y cols. (2009) argumentan que un reparto deficiente de tiempos genera asimetrías operativas severas lo que origina escenarios en los que un acceso colapsa por sobresaturación, mientras que el acceso transversal goza de capacidad temporal ociosa; por lo cual se concluye que la literatura académica indica que la programación semafórica solo logra su máxima eficacia si la duración del ciclo se regula para minimizar los tiempos totales y se reparte equitativamente la capacidad física, lo que permite una evacuación fluida y equilibrada de todas las vías.

2.2.1.1.1 Duración y fases del ciclo semafórico

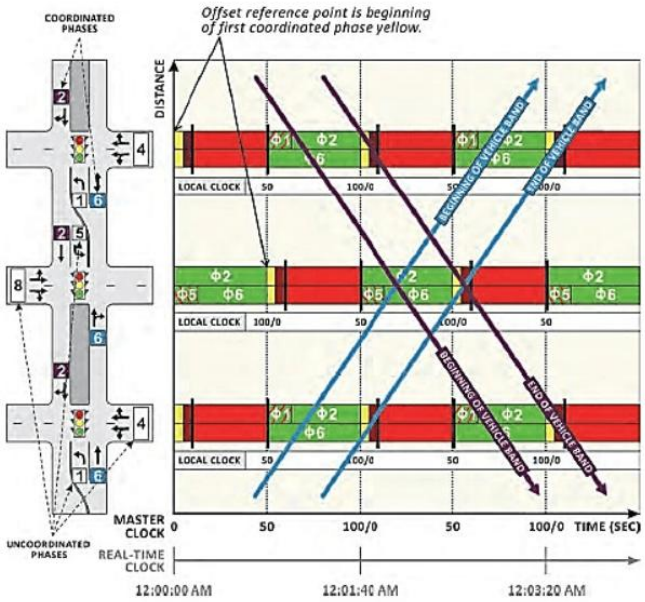
La duración del ciclo es el tiempo requerido por un semáforo para dar todas las indicaciones que tiene disponible. Los ciclos se dividen a su vez en fases que sirven a cada uno de los movimientos para el que ha sido programado la señalización.

2.2.1.1.2 Offset semafórico

El OFFSET se puede deducir como el desfase de tiempo específico entre el ciclo de un semáforo y el siguiente.

Figura 5

Offset semafórico



Nota. Se muestra un gráfico de desfase para generar una ola verde, tomado de INTRAPERÚ 2024

2.2.1.1.3 Componentes temporales del ciclo (verde, ámbar, rojo)

Según Cal y Mayor & Cárdenas (2018) los componentes temporales del ciclo son:

- Tiempo de verde El intervalo de verde indica el tiempo durante el cual los vehículos tienen paso libre en una dirección específica. Este tiempo es importante para asegurar que el tráfico fluya eficientemente en una intersección.
- Tiempo de amarillo: El intervalo indica el tiempo durante el cual se advierte a los vehículos sobre el cambio inminente a rojo, dejándoles decidir si detenerse de manera segura antes de la línea de parada o completar su maniobra de cruce si ya lo han ingresado a la intersección. Este tiempo es indispensable para asegurar la transición asegurar la separación entre fases semafóricas y disminuir el riesgo de colisiones en una intersección.

- Tiempo de rojo El intervalo de rojo corresponde al tiempo que están todas las direcciones del tráfico deben detenerse. En este cruce los peatones pueden cruzar con seguridad y regula el tráfico en la intersección

2.2.1.1.4 Longitud de ciclo

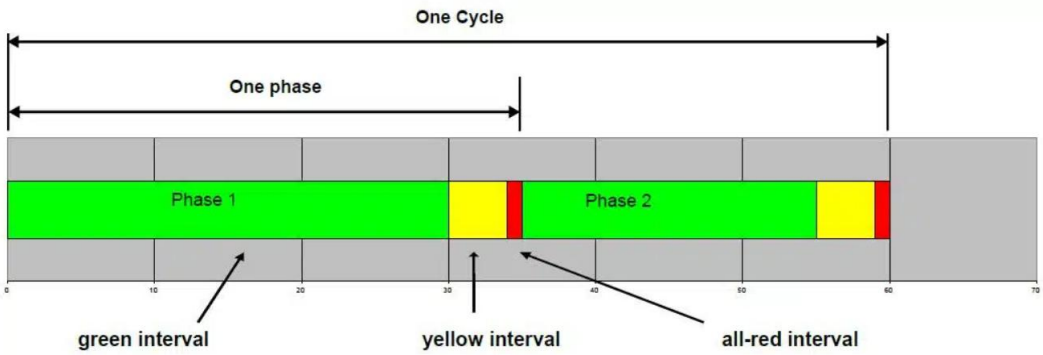
La longitud de ciclo, o tiempo de ciclo, se define como el tiempo necesario para que el controlador de un semáforo complete una secuencia entera de todas las indicaciones de color (verde, amarillo y rojo) para todos los movimientos de una intersección (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.2.1.1.5 Reparto de tiempos

El reparto de tiempos se define como la asignación fraccionada del tiempo total del ciclo semafórico entre las diversas fases que controlan una intersección. En este procedimiento se determina la duración de los intervalos verdes, amarillos y todo rojo para cada movimiento direccional, en función directa de la demanda o volumen vehicular crítico de cada acceso. Es indispensable realizar una correcta distribución de tiempos con el objetivo de maximizar la capacidad vial, para así poder minimizar las demoras operativas y evitar la saturación de los carriles.

Figura 6

Reparto de tiempos



Nota. Se muestra la asignación de intervalos dentro de una fase semafórica, Tomado de ZGSM 2023

2.2.1.2 Gestión de fases

Se denomina gestión de fases al proceso analítico fundamental para el diseño y la estructuración secuencial del derecho de paso asignado a los diversos flujos vehiculares que convergen en una intersección semaforizada. De acuerdo con el Transportation Research Board (2022), la efectividad de este proceso radica en la determinación técnica de sus indicadores de diseño, siendo el principal de ellos el número total de fases operativas. Roess, et al. (2010) argumentan que todo rediseño semafórico debe buscar siempre el mínimo número de fases indispensable para acomodar la demanda espacial de manera segura. Esta restricción matemática se debe a que cada fase adicional al ciclo incrementa indefinidamente la suma del tiempo total desperdiciado en el sistema. Eso es lo que ocurre debido a las demoras físicas al arrancar y los intervalos de despeje restrictivos, como el amarillo y el todo rojo. Por lo tanto, la adición de fases innecesarias reduce directamente la proporción de verde útil disponible. Esto reduce la capacidad general y acelera la llegada a la sobresaturación temporal.

En segundo lugar, para definir el tipo de fase direccional, es necesario un trabajo de evaluación cuidadosa para estructurar el ciclo. Esto es muy importante en los giros a la izquierda. Según Qi, Chen y Liu (2012), esta decisión técnica consiste en elegir entre una fase protegida y una fase permitida. Fase protegida por un paso exclusivo, sin conflictos laterales. De este modo, se gana seguridad en el cruce, pero se pierde tiempo del ciclo en los movimientos principales rectos. En la fase permitida, sin embargo, los conductores deben buscar huecos en el tráfico y dejar pasar a los vehículos que se aproximan de frente. Esto hace que el ciclo sea más eficiente en general, pero incrementa en gran medida el riesgo de sufrir accidentes cuando hay mucha circulación. La literatura especializada coincide en que el número y el tipo de fases no deben determinarse de manera empírica ni al azar. Se han de definir mediante un ajuste analítico estricto que busque el mejor equilibrio entre reducir la demora y evitar maniobras peligrosas.

2.2.1.2.1 Tipo de fase de giro

En el control semafórico de una intersección, los movimientos de giro se clasifican según el nivel de prioridad otorgado al conductor. Según Cal y Mayor & Cárdenas (2018) una fase de giro protegido es aquella en la que los vehículos tienen el derecho de paso exclusivo para realizar la maniobra, generalmente indicada mediante una flecha verde, sin enfrentar conflictos con flujos vehiculares opuestos ni cruces peatonales. Por el contrario, en una fase de giro permitido, la indicación semafórica autoriza el movimiento, pero exige que los conductores cedan el paso tanto a los vehículos que circulan en sentido contrario como a los peatones concurrentes, obligándolos a ejecutar la maniobra de giro únicamente cuando logran identificar brechas o espacios seguros en el tráfico opuesto.

Tabla 4

Tipo de fase semafórica

Tipo de Semáforo	Foto	Tipo de Fase
Semáforo de bola completa		PERMITIDO
Semáforo con flecha		PROTEGIDO

Nota. Se muestra los tipos de semáforos según el tipo de fase, tomado de ZGSM 2023

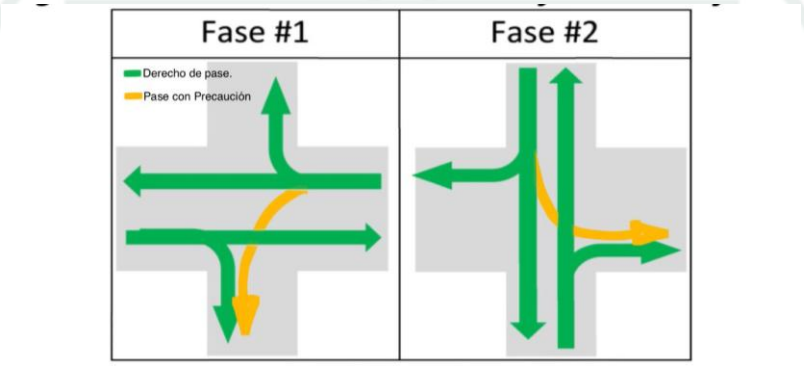
2.2.1.2.2 Número de fases

El número de fases se define como la cantidad de divisiones independientes dentro de un ciclo semaforizado durante las cuales se otorga el derecho de paso a una combinación

específica de movimientos vehiculares y peatonales simultáneos que están libres de conflictos significativos. La determinación de este número es un factor crítico en el diseño operativo de la intersección, ya que cada fase adicional introducida en el ciclo incrementa el tiempo perdido total debido a los intervalos obligatorios de despeje en amarillo y todo rojo. Por tal razón, se debe tener en cuenta que debe utilizarse el mínimo número de fases posibles que aseguren la seguridad y se adapten eficazmente a los volúmenes de demanda.

Figura 7

Fases semafóricas



Nota. Se muestra un gráfico de 2 fases semafóricas, Tomado de David Fairlie 2024

2.2.1.3 Geometría operacional

La geometría operacional corresponde al marco estructural que delimita y condiciona la dinámica del flujo vehicular en el interior de una intersección. Garber y Hoel (2020) señalan que esta dimensión va más allá del simple trazado arquitectónico de la vía y comprende elementos paramétricos críticos, tales como la amplitud de los carriles, el radio de curvatura para los giros, la canalización de los accesos y la longitud de las bahías de almacenamiento. La American Association of State Highway and Transportation Officials (2018) señala que esta configuración espacial define velocidades de operación seguras y obliga a los conductores a adoptar una posición determinada, imponiendo así un límite infranqueable a la capacidad de la

infraestructura. De ahí que cualquier deficiencia en la geometría física cree una fricción operativa permanente que, al limitar la fluidez natural, no puede ser totalmente superada ni por el controlador semafórico más avanzado.

La medida clave para valorar tanto el nivel de vulnerabilidad como el nivel de complejidad de este diseño, es la cuantificación de los puntos de conflicto. El Transportation Research Board (2016) define un punto de conflicto como la coordenada espacial exacta donde dos o más trayectorias vehiculares, o peatonales, convergen, se intersecan o divergen. A medida que una intersección carece de canalizaciones adecuadas o presenta aproximaciones atípicas, el número de estos puntos interactivos se incrementa drásticamente, elevando la probabilidad geométrica de colisiones y forzando a los usuarios a reducir su velocidad para procesar múltiples estímulos simultáneos. En consenso, un diseño vial eficiente se demuestra cuando la geometría operacional logra la segregación espacial de los flujos, reduciendo los puntos de conflicto al mínimo indispensable para asegurar una interacción vehicular intuitiva, continua y de alta seguridad

2.2.1.3.1 Puntos de conflicto

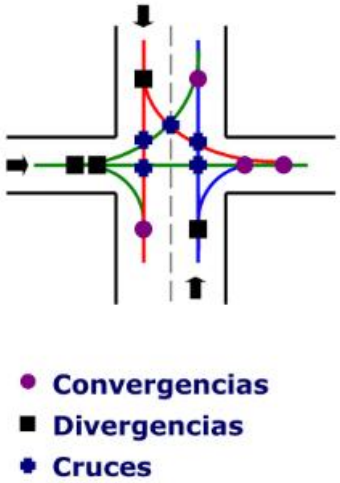
un punto de conflicto se define como cualquier ubicación espacial dentro de la geometría de una intersección donde las trayectorias proyectadas de dos o más vehículos, o de un vehículo y un peatón, interfieren entre sí. La teoría del flujo vehicular clasifica estos puntos en tres categorías operacionales, dependiendo de la naturaleza de la maniobra:

- ✓ Divergencia: Ocurre cuando un flujo vehicular único se divide, es decir, un vehículo abandona la trayectoria principal para tomar una ruta distinta (por ejemplo, al iniciar un giro desde un carril compartido).
- ✓ Convergencia: Se produce cuando dos trayectorias vehiculares independientes se unen o fusionan para continuar por un mismo carril o dirección.

- ✓ Cruce: Representa la interferencia más crítica, generada cuando las trayectorias de dos vehículos se intersecan transversalmente. Debido al ángulo de incidencia, los puntos de cruce son los que presentan la mayor probabilidad de accidentes severos y los que más demoras por control exigen.

Figura 8

Puntos de conflicto vehicular



Nota. Se muestra un gráfico con los 3 tipos de puntos d conflictos vehiculares, Tomado de Ing. D. Agosta 2025

2.2.1.3.2 Maniobras vehiculares

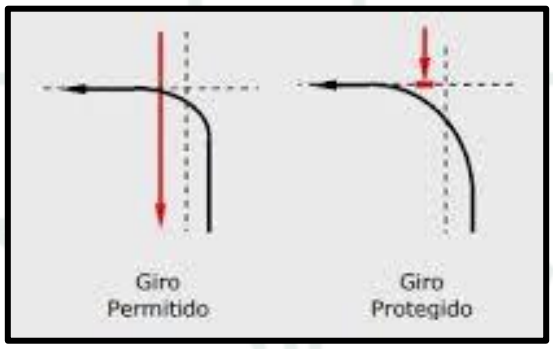
Los movimientos vehiculares básicos en una intersección semaforizada incluyen la maniobra de avance (trayecto recto), la de giro a la derecha, la de giro a la izquierda y la de retorno (U-turn). Sin embargo, los giros a la izquierda se clasifican en tres tipos, los cuales deben estar presentes en una intersección semaforizada y se describen a continuación según (Garber & Hoel, 2015):

- Giro Permitido: Se refiere a todo giro que se realiza al mismo tiempo que el flujo opuesto; en esta situación, no existe una fase sin volumen opuesto, excepto en intersecciones en T, donde no hay tráfico opuesto.

- Giro protegido: Hace uso de una fase exclusiva para realizar el movimiento establecido, sin presencia de flujo vehicular en oposición; en las demás fases, este giro queda prohibido.
- Giro Mixto: El giro mixto incluye una fase protegida en la que se permite efectuar la maniobra, además de una fase con un flujo contrario al movimiento.

Figura 9

Giro permitido y giro protegido



Nota. La figura muestra los tipos de giro protegido y permitido, adaptados de (Borja Santos, 2021).

2.2.2 Desempeño Operativo

De acuerdo con el Transportation Research Board (2022) en la séptima edición del Highway Capacity Manual, este concepto se define como una medida cuantitativa y cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo vehicular y la percepción de estas condiciones por parte de los usuarios. Bajo este marco normativo, el desempeño se cuantifica a través de un conjunto de indicadores críticos, siendo la demora de control y el Nivel de Servicio las métricas principales para diagnosticar si una intersección opera en estado de fluidez o de colapso.

Para profundizar, Elefteriadou (2014) argumenta que el desempeño operativo no debe interpretarse únicamente como un resultado estático derivado de la demora. la autora de forma contraria plantea que dicha métrica es un reflejo directo de aquellas interacciones vehiculares que ocurren a nivel microscópico y dinámico, siendo estas la aceptación de brechas en las intersecciones y las leyes propias de seguimiento vehicular; con este enfoque analítico, la degradación operativa se produce cuando la fricción natural existente entre las unidades vehiculares rebasa la capacidad de absorción de la geometría vial y de los repartos semafóricos, y esta misma saturación es la que genera ondas de choque que pueden propagar rápidamente la congestión.

Treiber y Kesting (2013) toman un camino diferente a la perspectiva normativa pura y al enfoque microscópico, sostenen que la ejecución operativa refleja de forma fiel la fragilidad de una red ante probables fluctuaciones del sistema; de acuerdo con estos investigadores, reportar un rendimiento deficiente trasciende al mero exceso matemático del volumen frente a la capacidad instalada, se trata, más bien, de un colapso estructural provocado por cuellos de botella espaciales o temporales, escenarios en los que hasta la más mínima perturbación puede desencadenar una caída súbita de la fluidez del tránsito; es por elllo que en consecuencia, para dichos teóricos, evaluar la eficiencia operativa equivale a medir la resiliencia de la infraestructura para asimilar densos flujos vehiculares sin derivar en congestionamientos crónicos.

Al comparar y analizar estas diferentes posturas, se puede ver que existe un acuerdo claro en la literatura académica; puesto que se admite que el desempeño operativo es un fenómeno multidimensional, su estudio permite relacionar la conducta individual de cada conductor con dos aspectos principales, las cuales son la dinámica de formación de colas y los umbrales normativos propios de la infraestructura física (Elefteriadou, 2014. Transportation Research Board, 2016. Treiber & Kesting, 2013). Con estas consideraciones cualquier intento

de evaluación o mejora de este desempeño necesita, primero, de un diagnóstico preventivo de las ineficiencias desde sus causas fundamentales, pues solo así se logra una mejora total de los indicadores críticos necesaria para asegurar un equilibrio funcional y sostenible entre la demanda de tránsito y la oferta de la red vial.

2.2.3 Desempeño Macroscópico

En términos generales, este concepto podría entenderse como la evaluación detallada y exhaustiva del tránsito, considerado como un sistema colectivo, la literatura muestra que la forma en que se mide este desempeño ha estado sujeta a un largo debate histórico; pues este debate es entre la teoría determinista y la teoría estocástica de colas; por un lado los postulados de Webster (1958) en su forma clásica, contemplaban la intersección desde una óptica estrictamente matemática y homogénea. Para él, la eficiencia dependía casi exclusivamente de la correcta asignación de los tiempos verdes, es decir, del Ratio g/C. Sin embargo, esta visión demasiado estática fue refutada por posteriores investigadores, tales como Akçelik (1981) y Newell (1989), quienes lograron demostrar la naturaleza básicamente probabilística del flujo vehicular. Esta tendencia moderna se sigue en los modelos actuales del manual de capacidad de carreteras (HCM). Dentro de este marco normativo, el real desempeño macroscópico ya no depende únicamente del tiempo de verde asignado. Ahora depende del poder del sistema para lidiar con el estrés que causan las llegadas aleatorias. Este fenómeno se cuantifica mediante la Tasa de saturación (v/c) y el cálculo de la Longitud de cola en el percentil 95th.

Todo este cambio de conceptos introdujo una diferencia importante en la investigación. La pregunta es cuál debe ser el principal indicador para medir la verdadera “salud” operativa de un nodo vial? Por un lado, hay un enfoque que se centra sobre todo en la experiencia del conductor. Fuerte apoyo a esta postura viene de académicos como Roess, Prassas y McShane (2011). Ellos sostienen que el criterio principal debe ser, sin excepción, la Demora de control

(s/veh). Esta idea señala que el tiempo perdido es la única variable capaz de convertir una ineficiencia matemática en un impacto real, físico y psicológico, para el usuario. Sobre esta base se construye el conocido Nivel de Servicio (NOS), que usa su escala clásica de la letra A hasta la F.

Por otra parte, la corriente estructuralista hace una observación muy importante. De acuerdo con lo dicho, la demora por su comportamiento exponencial, resulta demasiado inestable a pequeñas variaciones en los volúmenes de tráfico. Esto, advierten, podría alterar en gran medida el diagnóstico físico de la infraestructura. Con el fin de intentar superar esta limitación metodológica, autores como Husch y Albeck (2003) optaron por introducir el Índice de Capacidad Utilizada (ICU). Esta medida no se basa en las complejas ecuaciones del retardo estocástico, sino que privilegia una evaluación netamente volumétrica y espacial. De esta forma, se obtiene una lectura clara y estable de en qué porcentaje ya está ocupada la capacidad geométrica, mostrando también la reserva de capacidad todavía no utilizada.

El marco teórico actual no opone ambos puntos de vista, sino que exige hacerlas coincidir. Sólo de esta manera es posible lograr una imagen clara de la intersección. Para lograr una evaluación general realmente acertada, se deben comparar dos aspectos fundamentales. Por un lado, el estrés operativo que percibe el usuario, medido en nivel de servicio y demora. Por otra parte, el nivel de deterioro físico de la infraestructura, que se expresa en la tasa de saturación y el ICU. Estar al lado del diagnóstico en esta matriz integrada de indicadores no es una simple cuestión. En efecto, es la condición necesaria para que las intervenciones paramétricas que se proponen bajo la metodología DMAIC, tengan un respaldo basado en datos probables. En resumen, esta integración de análisis permite superar los métodos puramente empíricos en la gestión de la movilidad urbana.

2.2.3.1.1 Demora de control (s/veh)

La Demora de control constituye el indicador macroscópico rector del Highway

Capacity Manual (HCM 2022) para dictaminar el Nivel de Servicio (LOS) en intersecciones semaforizadas, ya que cuantifica el tiempo adicional total que un vehículo invierte cruzando el nodo debido exclusivamente a la operación del semáforo, abarcando la desaceleración, el tiempo de parada y la aceleración posterior. Matemáticamente, el modelo analítico del HCM determina esta variable (d), expresada en segundos por vehículo (s/veh), mediante la adición de tres componentes operativas: la demora uniforme teórica (d1) ajustada por el factor de progresión del pelotón (PF), la demora incremental provocada por la aleatoriedad estocástica de las llegadas y la sobresaturación del acceso (d2), y la demora generada por cualquier cola residual existente al inicio del periodo de análisis (d3), estructurándose bajo la siguiente ecuación estandarizada.

$$d = d1 * (PF) + d2 + d3$$

2.2.3.1.2 Ratio (g/C)

El Ratio g/C (proporción de verde efectivo) es un indicador macroscópico temporal que define la fracción útil del ciclo semafórico durante la cual un grupo de carriles posee el derecho de paso ininterrumpido. De acuerdo con los fundamentos analíticos del Highway Capacity Manual (HCM 2022), esta variable constituye el eje matemático para dimensionar la capacidad operativa real de cualquier intersección, dado que pondera la tasa de saturación base en función de la disponibilidad temporal del semáforo. Su formulación requiere aislar el tiempo de verde efectivo (g) obtenido al sumar el verde físico más los intervalos de cambio (ámbar) y despeje (todo rojo), restando los tiempos perdidos por arranque y transición para luego dividirlo entre la longitud total del ciclo (C). Esta proporción define directamente la capacidad (c) del grupo de carriles a través de la siguiente ecuación estandarizada.

$$C = s\left(\frac{g}{c}\right)$$

Donde “s” representa la tasa de flujo de saturación ajustada, expresada en vehículos por hora (veh/h).

2.2.3.1.3 ICU (capacidad)

El Índice de Capacidad Utilizada (ICU) es un indicador macroscópico volumétrico y espacial que determina el porcentaje de la capacidad geométrica total de una intersección que se encuentra agotada, independientemente de la optimización temporal de las fases semafóricas. A diferencia de la demora estocástica, que es altamente sensible a la programación del controlador, el ICU ofrece una radiografía objetiva del nivel de estrés físico del nodo vial para diagnosticar si la infraestructura posee capacidad ociosa de reserva o si requiere rediseños geométricos. Matemáticamente, este índice se calcula sumando las proporciones de volumen a flujo de saturación (v/s) de todos los movimientos críticos en conflicto que conforman el ciclo, y añadiéndole la proporción del tiempo perdido total de la intersección (L) respecto a una longitud de ciclo de referencia (C), estructurándose bajo la siguiente ecuación general.

$$ICU = \sum \left(\frac{V}{C}\right)_{ci} + \frac{L}{C}$$

Donde $(V/C)ci$ representa la relación volumen-saturación de la fase crítica “i”, garantizando así una medición inalterable del espacio que la demanda exige frente al espacio físico disponible.

2.2.3.1.4 Longitud de cola

La Longitud de cola en el percentil 95th es un indicador macroscópico de carácter espacial que representa la extensión máxima de la fila de vehículos que tiene un 95% de probabilidad de no ser superada durante un ciclo semafórico. De acuerdo con los fundamentos analíticos del Highway Capacity Manual (HCM 2022), esta métrica resulta crítica para dimensionar la capacidad de almacenamiento de los carriles exclusivos (bahías de giro) y diagnosticar el riesgo físico de Spillback (bloqueo en retroceso hacia nodos viales adyacentes). El modelo estocástico de la "parte posterior de la cola" (back of queue) determina el número de vehículos en cola (Q95) sumando la cola uniforme esperada (Q1), la cola aleatoria o incremental producto de la variabilidad de llegadas ajustada por un factor probabilístico (Q2), y cualquier cola residual inicial (Q3). Finalmente, para obtener el indicador físico en metros (L95), esta acumulación estocástica se multiplica por el espaciamiento promedio ocupado por cada unidad (Lv), estructurándose bajo la siguiente relación.

$$L_{95} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) * L_v$$

Donde los valores de “Q” representan el percentil de diseño estocástico en número de vehículos y “Lv” la longitud espacial que estos ocupan sobre la calzada.

2.2.3.1.5 Relación Volumen/Capacidad

La Relación Volumen/Capacidad (v/c) o Tasa de saturación, denotada matemáticamente como X, es un indicador macroscópico rector que cuantifica el grado de estrés operativo o exigencia al que se encuentra sometido un grupo de carriles frente a la demanda actual. De acuerdo con los preceptos del Highway Capacity Manual (HCM 2022), esta métrica es indispensable para diagnosticar la suficiencia estructural de la intersección, ya

que refleja la proporción exacta de la capacidad disponible que está siendo consumida; valores de v/c cercanos o superiores a 1.0 advierten un estado de sobresaturación inminente donde la red es matemáticamente incapaz de procesar las llegadas vehiculares, induciendo al colapso continuo. Su cálculo exige dividir el volumen de demanda ajustado (v) entre la capacidad real del acceso (c), recordando que la capacidad es el producto de la tasa de flujo de saturación (s) por la proporción de verde efectivo (g/C), lo cual se consolida en la siguiente ecuación analítica.

$$X = \frac{v}{c} = \frac{v}{s\left(\frac{g}{c}\right)}$$

Donde "v" se expresa en vehículos por hora, y un resultado de X > 1.0 dictamina matemáticamente una falla sistémica por falta de capacidad.

2.2.3.1.6 Nivel de servicio

Según la R.D N.º 12-2014-MTC/14, sección de Suelos y Carreteras, los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo vehicular y su percepción por los usuarios de la vialidad. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, conveniencia y seguridad vial. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018) Los niveles de servicio abarcan un rango de volúmenes menores que el volumen de servicio, que permiten velocidades de operación mayores que la mínima exigida para cada nivel. Cuando el volumen disminuye y la velocidad de operación aumenta hasta el rango definido para el nivel superior, indica que se ha alcanzado dicho nivel; por el contrario, si el volumen aumenta y la velocidad disminuye, se pasa a las condiciones definidas para el nivel inferior. (Ministerio de Transportes

y Comunicaciones, 2018), Según el informe de California Department of Transportation (2013) se clasifican en:

- Nivel de servicio “A”. Las condiciones son ideales, con baja congestión, tiempos de viaje cortos, una alta velocidad promedio y un alto grado de comodidad. Los usuarios experimentan un viaje rápido y sin demoras significativas. Las vías y servicios operan con gran capacidad y eficiencia. En resumen, el nivel de servicio "A" refleja una experiencia de viaje óptima.
- Nivel de Servicio “B”. Los tiempos de viaje son generalmente buenos, pero puede haber algunas demoras menores. La congestión es controlada y no interfiere significativamente con la velocidad de los desplazamientos. Los usuarios aún disfrutan de una experiencia de viaje bastante cómoda y eficiente.
- Nivel de servicio “C”. El nivel de servicio "C" representa un estado de funcionamiento aceptable del sistema de transporte, pero con ciertas limitaciones. Los tiempos de viaje pueden ser más variables y los usuarios pueden experimentar demoras moderadas en ciertas condiciones, como horas punta. La congestión comienza a ser más evidente, pero aún es manejable. En general, el nivel "C" ofrece una experiencia de viaje razonable, pero no tan eficiente como los niveles "A" y "B".
- Nivel de servicio “D”. Implica una disminución significativa en la calidad del servicio. Los tiempos de viaje son más largos y menos predecibles, y las demoras son notables. La congestión es alta, y los usuarios pueden experimentar incomodidades y frustraciones durante su viaje. Este nivel sugiere la demanda de mejoras en la infraestructura y la gestión del tráfico.
- Nivel de servicio “E”. Representa una situación crítica en la operación vial, en la que el flujo vehicular se encuentra al borde de su capacidad máxima. Este nivel se

caracteriza por una circulación muy densa y muy poca maniobrabilidad, los conductores apenas pueden cambiar de carril porque el espacio es muy escaso. Las velocidades se mantienen bajas y constantes, pero cualquier perturbación puede desencadenar un colapso del flujo aguas arriba, generando largas colas y tiempos de espera excesivos.

- Nivel de servicio “F”. El nivel de servicio "F" representa la peor calidad de servicio en un sistema de transporte. Los tiempos de viaje son largos, impredecibles y con demoras significativas. La congestión es extrema, y los usuarios pueden enfrentar una experiencia de viaje altamente incómoda. El nivel "F" indica una situación de colapso y requiere una intervención urgente para aliviar la congestión.

2.2.4 Desempeño Microscópico

Hablar de Desempeño Operativo Microscópico es hablar de algo mucho más allá de una evaluación global del tránsito; lo que aquí se examina, es la interacción particular de las unidades individuales al interior de la red; es decir, esta forma de ver las cosas está totalmente basad en las respuestas físicas y psicológicas del conductor; cuando se analizan los modelos clásicos de aceptación de brecha o las propias leyes de seguimiento vehicular, cuyos máximos exponentes son Gipps (1981) y el modelo psicofísico propuesto por Wiedemann (1974), se pone de relieve un factor crucial: el simple acto individual de frenar o acelerar es capaz de detonar ondas de choque no lineales. Estas alteraciones afectan fuertemente la funcionalidad de toda la infraestructura, y son fenómenos que las fórmulas macroscópicas convencionales no pueden, a fin de cuentas, modelar con la debida exactitud.

Al entrar a este nivel de análisis, deja de ser la métrica más importante la tradicional capacidad del nodo, puesto que la eficiencia de las trayectorias desarrolladas en el espacio y el tiempo es en lo que se centra el interés; para apreciar el estrés operativo, se mide la fricción

interna del flujo que se manifiesta físicamente por acumulación de detenciones totales (und); en la mecánica estocástica, detener un vehículo es romper de una tacada toda su inercia, esta interrupción origina una reacción en cadena que, por supuesto, influye en las unidades siguientes y el Retraso total (Hr) del sistema se dispara de forma exponencial, sumando el conjunto de estas fricciones cinemáticas a la constante repetición de los tiempos perdidos, tendremos el Tiempo de trayecto (Hr) que verdaderamente sufre el conductor; Es justo ahí, donde se encuentra la verdadera desorganización operativa, una realidad cotidiana que los simples promedios globales tienden a ocultar fácilmente.

Por otra parte, la discusión contemporánea en ingeniería de tránsito ha comenzado a cuestionar duramente las aproximaciones limitadas a lo temporal y geométrico. Es en este sentido que autores como Akçelik y Besley (2003) lideran una postura crítica que señala la necesidad imperiosa de integrar tanto las externalidades ambientales como económicas en los diagnósticos de tráfico, convirtiendo el ciclo de arranques y paradas constantes en un claro desperdicio energético que gracias a la modelización microscópica de las trayectorias se traduce en una cuantificación exacta del combustible consumido (L). Por lo tanto, se permite estimar su impacto ecológico directo mediante el registro de las emisiones de CO (gr). Actualmente, cualquier intervención de infraestructura debe considerar la totalidad de estas variables para apoyarse en los verdaderos pilares de la movilidad urbana sostenible.

2.2.4.1.1 Tiempo de viaje

El tiempo de viaje no es, microscópicamente, sólo una media fija dada por la relación espacio-velocidad, sino que es la suma de las distancias recorridas por cada vehículo en su recorrido por la red que representa correctamente la fricción dinámica del sistema, incluyendo los periodos de aceleración y frenada, el tiempo muerto en la cola y el desplazamiento a velocidad de crucero sin obstáculos; lo que sí deja bien a la vista es la experiencia real del

usuario ante el estrés operativo, tanto físico como psicológico, de este modo, transforma los fallos del nodo en un coste directo y continuo de tiempo, las ecuaciones macroscópicas agregadas suelen restar valor a este costo.

2.2.4.1.2 Retraso total

A nivel microscópico, la medida principal de la ineficiencia del sistema se considera el retraso total, el cual se calcula como la diferencia entre el tiempo de recorrido real experimentado por las unidades vehiculares, y el tiempo ideal que tardarían en atravesar la red a velocidad de flujo libre; el retraso total distingue el impacto puro del impacto de la fricción operativa. Deja en números claros cuántas horas improductivas y qué "defecto" de tiempo impone a la movilidad urbana una red congestionada.

2.2.4.1.3 Detenciones totales

Constituyen un indicador microscópico de la fricción física extrema en la red vial. Esto sucede cada vez que la velocidad de un vehículo se reduce a cero debido a limitaciones operativas. Esta estadística refleja la intensidad del fenómeno conocido como «stop-and-go», es decir, paradas y arranques consecutivos. No como el retraso total, que solo mide el tiempo perdido, las detenciones muestran la brusca interrupción de la inercia del flujo y el rompimiento del flujo continuo de vehículos. En un escenario estocástico analizado con herramientas como SimTraffic, se tiene que la elevada cantidad de paradas es indicativa de una deficiente coordinación de los semáforos y de una significativa fragmentación de los grupos vehiculares; esto es lo que conlleva una pérdida evidente de confort para los usuarios sumando a un aumento del estrés operativo y un desgaste mecánico innecesario del sistema urbano.

2.2.4.1.4 Combustible utilizado y emisiones CO

Se definen como indicadores del impacto energético y ambiental generado por el flujo de vehículos el combustible consumido y las emisiones de CO; la teoría microscópica dice que el consumo de gasolina y la generación de contaminantes no son fijos y dependen sólo de la

distancia. Es el efecto directo de las variaciones de velocidad de cada vehículo. Los cambios bruscos de velocidad, las paradas continuas, los tiempos prolongados de espera en fila y los arranques forzados (stop-and-go) provocan pérdidas de energía del motor de manera ineficiente. Eso significa, matemáticamente, que la huella de carbono se incrementa en proporción. La ineficiencia de una red vial, tal y como señala este indicador, no sólo supone una pérdida de tiempo, sino que realmente es un factor de daño medioambiental. De tal manera que cualquier medida que logre estabilizar las trayectorias de los vehículos contribuirá a mejorar la sostenibilidad urbana.

2.2.5 Filosofía Six Sigma

La filosofía Six Sigma se fundamenta en una dualidad intrínseca, puesto que opera simultáneamente tanto como una metodología de gestión corporativa integral y como un sistema estadístico de altísima rigurosidad matemática. Según Pyzdek y Keller (2023), esta filosofía se centra en optimizar el desempeño operativo, reducir los costos sistémicos y maximizar la satisfacción del usuario a través de la contracción drástica de la variabilidad en los procesos. Ampliando esta definición fundacional, Montgomery (2020) sostiene que, desde una perspectiva puramente probabilística, Six Sigma busca que los sistemas operen con un nivel de madurez tan elevado que los defectos se vuelvan estadísticamente improbables, estableciendo el estándar de excelencia en un margen máximo de 3.4 defectos por cada millón de oportunidades (DPMO).

En el núcleo de esta metodología, la conceptualización del error experimenta un cambio de paradigma profundo. Schroeder, Linderman, Liedtke y Choo (2008) argumentan que un "defecto" no es simplemente una falla técnica aislada, sino cualquier resultado operativo que no logra cumplir con las especificaciones o expectativas críticas exigidas por el cliente, formalizadas en la metodología como variables Críticas para la Calidad (CTQ). En estricta

concordancia con esta visión, Antony (2011) postula que los defectos no son eventos fortuitos ni inevitables, sino el síntoma directo y cuantificable de una variabilidad no controlada en las variables de entrada de un sistema. Por lo tanto, el objetivo metodológico no se limita a mejorar el rendimiento promedio, sino a aislar, diagnosticar y someter a control las causas raíz que generan dicha inestabilidad.

Figura 10

Componentes fundamentales de la filosofía lean six sigma



Nota. Componentes fundamentales de la filosofía lean six sigma, tomado de CFTI 2025

Ir más allá de la estadística y utilizar Six Sigma implica un cambio profundo en la forma de tomar decisiones. Según Pande, Neuman y Cavanagh (2014), para que esta idea sea exitosa, debe eliminar la gestión basada en la intuición o en la costumbre empírica. En su lugar, se construye un sistema estratégico que se basa únicamente en el análisis de datos y un enfoque basado en datos. Estos autores consideran que la metodología brinda un lenguaje analítico común, que une los esfuerzos de mejora continua con la sostenibilidad del sistema. De ese modo cada cambio se vuelve una eficiencia real, verificable y de largo plazo.

Por su parte, Harry y Schroeder (2000), pioneros en la organización ejecutiva de este modelo, afirman que Six Sigma difiere en gran medida de las iniciativas de calidad tradicionales. No está buscando mejoras pequeñas o superficiales, sino cambios profundos. Los

métodos clásicos, según su opinión, se centran solamente en revisar los defectos una vez que estos han ocurrido. Six Sigma, por el contrario, actúa antes y cambia el proceso desde su base. De esta manera se pueden anticipar los cambios en las etapas de diseño y operación antes de que la variabilidad se amplíe. Esto es clave en entornos donde los errores pueden desencadenar problemas en cadena.

Con el correr de los años, autores actuales como George (2003) han demostrado con datos que los principios de control estadístico de Six Sigma pueden ser aplicados completamente en los entornos transaccionales, de servicios y logísticos. De esta forma, Six Sigma trasciende su nacimiento en el mundo puramente industrial. En procesos dinámicos y de servicio continuo, como lo es la operación de una red semafórica, la variabilidad en el espacio y en el tiempo es el defecto principal que detiene el flujo y baja el Nivel de Servicio. Este modo de trabajar permite hacer matemáticamente el modelo de estos comportamientos aleatorios. De esta forma, los ciclos y las fases se pueden optimizar para garantizar que la operación siga siendo predecible, incluso cuando la demanda varía significativamente.

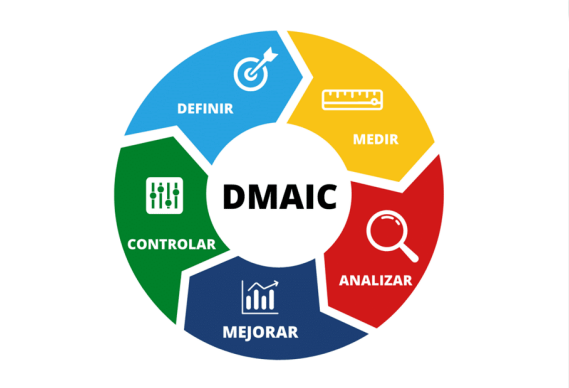
Al hacer la comparación entre estas distintas perspectivas, existe un acuerdo académico de que la filosofía Six Sigma es un modelo integral de resolución de problemas, que une la ciencia de datos con la gestión estratégica. Para una correcta aplicación es necesario detectar las ineficiencias en su origen y estandarizar las mejoras con planes de control. Esta investigación parte de la convicción de que el uso de esta filosofía impide que la intervención sobre la infraestructura vial se convierta en una mera prueba práctica. Es una optimización del sistema con respaldo científico.

2.2.5.1 Metodología DMAIC

Para implementar la filosofía Six Sigma en un proceso *existente* que requiere optimización, se utiliza el modelo de gestión de proyectos DMAIC. (Pyzdek & Keller, 2023) definen DMAIC como el modelo fundamental para la mejora de procesos, compuesto por cinco fases secuenciales que dan nombre a sus siglas.

Figura 11

Ciclo DMAIC



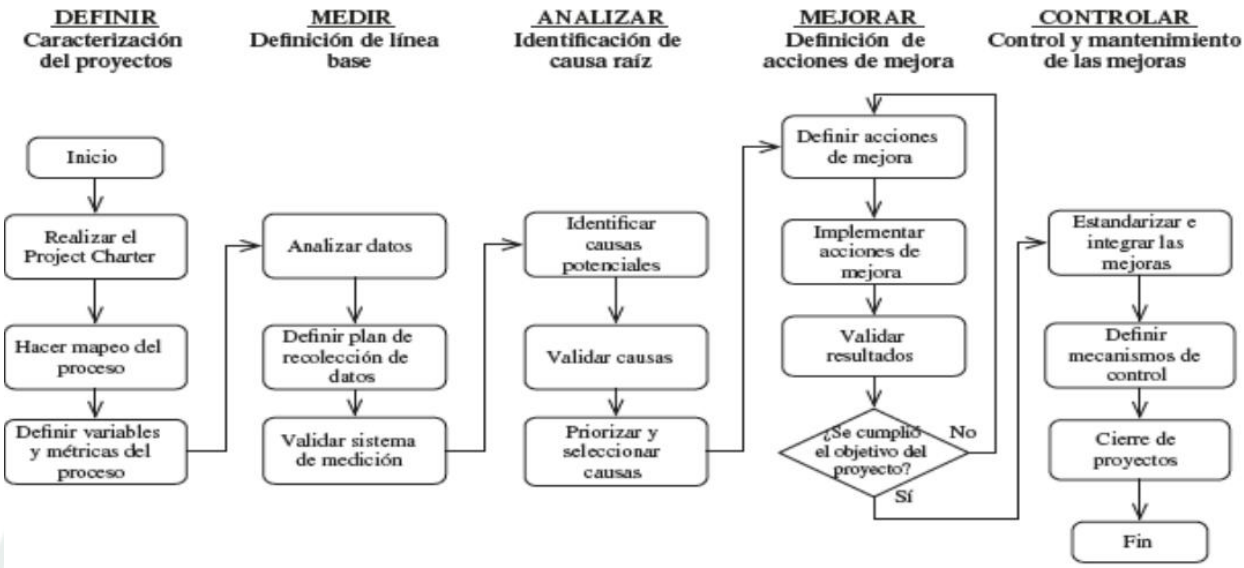
Nota. La figura muestra las fases del proceso DMAIC, Fuente: Vanely (2023)

- Fase D – Definir: Esta es la primera fase, donde se identifica el problema, el alcance del proyecto y las métricas Críticas para la Calidad (CTQ). en esta etapa se desarrolla el "Project Charter" (acta de constitución del proyecto), que define el caso de mejora, el equipo, los entregables esperados y un cronograma. Es la fase que responde a la pregunta: "¿Qué problema es importante resolver?".
- Fase M – Medir: La Fase de Medición consiste en cuantificar objetivamente el desempeño actual del proceso. Los autores la describen como la etapa para definir las métricas operativas y establecer la "línea base" (process baseline) del desempeño. En esta fase, se utilizan herramientas como mapas de proceso (flowcharts) para entender el flujo del trabajo y validar los sistemas de medición.

- Fase A – Analizar: En esta fase, se analizan los datos recopilados en "Medir" para identificar y validar las causas raíz de los defectos (el "por qué" del problema). Los autores destacan el uso de herramientas estadísticas y cualitativas como el Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa), el Análisis de Pareto (para identificar las "pocas causas vitales") y las pruebas de hipótesis. La finalidad de esta fase es identificar cuáles variables de entrada (X) tienen mayor impacto estadísticamente significativo sobre la variable de salida (Y).
- Fase I – Mejorar: Una vez identificadas y validadas las causas raíz, la Fase de Mejora se centra en desarrollar, probar e implementar la solución. Los autores dedican una sección de su manual a la "Optimización usando Simulación" como una herramienta clave de esta fase. En esta etapa se diseñan experimentos (DOE) o se utilizan modelos de simulación para encontrar la configuración óptima de las variables del proceso que resuelven el problema.
- Fase C – Controlar: Esta es la fase final y la más crítica para la sostenibilidad del proyecto, el objetivo es "mantener la sostenibilidad" y establecer un "Plan de Control del Proceso". Esta fase implementa monitoreos (como gráficos de control estadístico de procesos o SPC) y auditorías para asegurar que el proceso no regrese a su estado anterior, ineficiente, y se estandarice la mejora.

Figura 12

Estructura de la metodología DMAIC para un proyecto six sigma



Nota. La figura la estructura de las fases del proceso DMAIC, Fuente Felizzola J. & Luna A.2014

2.2.6 Principio Poka - Yoke

El principio Poka-Yoke, término de origen japonés que se traduce funcionalmente como "a prueba de errores", constituye una de las metodologías de aseguramiento de calidad más robustas desarrolladas por Shigeo Shingo en el marco del Sistema de Producción Toyota. Según Shingo (1986), esta técnica se define como el diseño e implementación de mecanismos o dispositivos preventivos integrados directamente en la arquitectura de un proceso, cuya finalidad es imposibilitar que un error ya sea de juicio humano o falla mecánica evolucione hasta convertirse en un defecto crítico. Ampliando esta base fundacional, Bicheno y Holweg (2016) postulan que el Poka-Yoke representa un cambio de paradigma profundo en la ingeniería de operaciones: transita de un enfoque reactivo, basado en la inspección masiva de resultados, a un modelo netamente proactivo que garantiza la calidad desde la fuente, estandarizando las tareas para que el error sea sistémica y físicamente inviable.

Desde una perspectiva operativa, la efectividad del Poka-Yoke radica en su capacidad para establecer barreras lógicas o físicas inquebrantables en el flujo de trabajo. Gutiérrez Pulido et al. (2013) establecen que estos mecanismos se clasifican principalmente en dos vertientes: aquellos con funciones de control, que detienen físicamente el proceso e impiden la continuidad de la operación si se detecta una anomalía; y aquellos con funciones de advertencia, que alertan mediante estímulos sensoriales evidentes para que la desviación sea corregida antes de materializar la falla. En concordancia teórica, Hinckley (2001) argumenta que la verdadera innovación de este principio es la eliminación de la dependencia de la memoria, la atención sostenida o el criterio humano continuo. Al trasladar la responsabilidad del control a la infraestructura geométrica o al equipo mismo se logra mitigar drásticamente las tasas de variabilidad estocástica asociadas al factor humano.

En la metodología Lean Six Sigma y más precisamente durante la fase de Control del ciclo DMAIC, el Poka-Yoke se vuelve una herramienta indispensable de estandarización. Según Pyzdek y Keller (2023) las mejoras paramétricas realizadas durante la etapa analítica no son efectivas a largo plazo si el proceso por costumbre operativa vuelve su estado original inestable. Así, el Poka-Yoke es la ancla sistémica de la optimización, impidiendo que se hagan maniobras temerarias e impidiendo que las fallas de percepción del conductor desencadenen colisiones o colapsos en la intersección.

2.2.7 Highway Capacity manual (HCM 2022)

El Transportation Research Board (TRB) mediante el Highway Capacity Manual (HCM 2022), constituye el manual principal para la evaluación de la capacidad y calidad del servicio de las vialidades, tanto urbanas como carreteras. En la séptima edición se añadió un enfoque multimodal. Toma en cuenta a los peatones, a los ciclistas y al transporte público para reflejar la movilidad actual de forma más realista (Transportation Research Board, 2022; Bonneson & Pratt, 2020).

2.2.7.1 Objetivo

El objetivo del HCM es brindar herramientas estandarizadas y comparables para estimar el desempeño de las vías e intersecciones bajo condiciones dadas de tráfico, geometría y control, en la práctica, esto ayuda a revisar la eficiencia de las infraestructuras y a respaldar propuestas de mejora basadas en criterios técnicos reconocidos internacionalmente (Luttinen, 2020; Papageorgiou y Papamichail, 2022).

2.2.7.2 Principales parámetros considerados

- Demora promedio: indicador central del desempeño de una intersección, vinculado al confort de los usuarios y a la eficiencia de la operación (Ryus, 2021).
- Relación volumen/capacidad (v/c): refleja el grado de saturación; valores elevados indican riesgo de congestión crítica (Bonneson & Pratt, 2020).
- Velocidad de operación: rapidez promedio alcanzada en condiciones reales de tránsito, ligada a la eficiencia y la percepción de movilidad (Luttinen, 2020).
- Nivel de servicio (LOS): medida cualitativa que resume la experiencia del usuario en categorías de la A a la F, y que ha evolucionado hacia un enfoque multimodal (Papageorgiou & Papamichail, 2022).

2.2.8 Manual de Seguridad Vial del MTC

El Manual de Seguridad Vial, aprobado mediante la Resolución Directoral N° 05-2017-MTC/14, constituye el instrumento técnico-normativo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) que establece las directrices estandarizadas para la estructuración, operación y evaluación de la infraestructura vial en el Perú, este documento prescribe un modelo de gestión preventiva en el cual la parametrización del sistema vial debe anticipar y mitigar el error humano, garantizando la integridad de los usuarios frente a la variabilidad estocástica del flujo.

Para el análisis y diseño operativo de intersecciones urbanas, el manual fundamenta la evaluación de la seguridad vial sobre los siguientes lineamientos técnicos:

- **Gestión y Mitigación de Puntos de Conflicto** La norma señala que la vulnerabilidad operativa de un nodo vial aumenta con el número de puntos de conflicto geométrico y con su complejidad, por lo cual adquiere especial relevancia en situaciones que contemplan maniobras de convergencia, dsu complejidad, por lo cual adquiere especial relevancia en situaciones que contemplan maniobras de convergencia, divergencia ye divergencia y de cruce transversal. Por ello, para mejorar la seguridad, el manual pide separar, tanto en el espacio como en el tiempo, las trayectorias de los vehículos. En la práctica esto significa usar esquemas de canalización, limitar giros direccionales incompatibles y diseñar ciclos semafóricos que eviten la superposición de flujos. De esta manera, se reduce la probabilidad de colisiones.
- **Protección Operacional de los Usuarios Vulnerables de la Vía:** El documento técnico define a los peatones y ciclistas como "Usuarios Vulnerables de la Vía" (UVV), reconociendo su prioridad de paso en los espacios urbanos. Con el fin de proteger a estos agentes frente a la asimetría de la corriente motorizada, el manual prescribe que los parámetros de control de tráfico garanticen espacios de paso libres de interferencias, lo cual obliga a diseñar fases semafóricas con tiempos de evacuación rigurosamente calculados y a evitar fenómenos de sobresaturación, que exponen a los peatones a interacciones de alto riesgo.
- **Regulación Cinemática y Moderación del Tránsito:** El manual relaciona directamente la seguridad operativa con el manejo de la velocidad de acercamiento y de circulación. Presta especial atención en las zonas de uso

mixto del suelo. Esto implica que la programación y el desfase de los controladores semafóricos deben funcionar como mecanismos de moderación física. La norma apunta a una disipación ordenada y estable de la demanda vehicular. También desea evitar aceleraciones bruscas y desalentar comportamientos que puedan afectar a la estabilidad de la red.

2.2.9 Software de simulación de tráfico: Synchro v.12

Es un programa especializado en el modelado y análisis del tránsito urbano. Fue desarrollado por Trafficware y hoy funciona en la plataforma de Cubic Transportation Systems. Permite simular el funcionamiento de las intersecciones semaforizadas y redes arteriales coordinadas. Permite el cálculo de parámetros como capacidad, demoras, colas y niveles de servicio, de acuerdo con la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2022) y con la más reciente, en su séptima edición (Husch & Albeck, 2014; Cubic Transportation Systems, 2022). En las versiones recientes, como la Synchro 12, se han mejorado la visualización, la integración con simuladores microscópicos y la generación de reportes avanzados. Esto refuerza su uso en la planificación del tránsito en la ciudad (Cubic Transportation Systems, 2022).

2.2.9.1 Objetivo

El software de simulación busca replicar fielmente el comportamiento de los vehículos en intersecciones y en las calles de la ciudad. Evalúe qué tan bien funciona el tráfico en situaciones actuales y en las que se prevé en el futuro. Permite probar distintas formas de programar los semáforos, cambiar el diseño de las calles o ajustar la sincronización de los corredores. De esta forma, es una herramienta útil para el planeamiento y manejo del tráfico (Roess y otros, 2011. Hussein, 2022).

2.3 Definición de Términos básicos

- **Tiempo de circulación.**

  Se considera como el tiempo cronometrado que tarda un vehículo o individuo en recorrer un tramo determinado de la vía desde el punto de origen hasta su destino; ademas este es un parámetro esencial para evaluar la eficiencia y fluidez del tráfico vehicular; puesto que este indicador permite analizar la dinámica temporal de los desplazamientos y detectar posibles áreas de congestión (Alejandro, 2018).

- **Capacidad de la demanda vehicular**

  Se refiere a la capacidad máxima de tráfico vehicular que puede soportar una sección de carretera o infraestructura vial para gestionarla de manera eficiente durante un período de tiempo determinado, pues este valor se calcula considerando variables tales como la velocidad promedio del tráfico, la densidad de vehículos y la eficiencia del flujo vehicular; dado que proporciona datos fundamentales para optimizar la movilidad y disminuir la congestión, este indicador resulta esencial para planificar y diseñar el sistema de transporte (EUROPEA, 2018).

- **Modelado**

  Se le define de manera general como un proceso detallado y minucioso, que a través de la elaboración y desarrollo de representaciones virtuales y/o matemáticas de la compleja red vial y el flujo constante de vehículos que circulan en ella, permite la simulación y el análisis detallado del comportamiento del tráfico con el fin de examinar y valorar una amplia gama de escenarios, cuyo objetivo principal es el de detectar potenciales áreas de mejora y proponer soluciones efectivas y eficaces (Espinoza, 2018).

- **Espacio**

  Dimensión física ocupada por cada vehículo en movimiento dentro de la infraestructura vial; este parámetro es esencial para comprender la distribución eficiente de los vehículos en la vía y su relación con la capacidad y la fluidez del flujo vehicular (R., 2012).

- **Tiempo**

  Se refiere a las mediciones temporales vinculadas a la movilidad de los vehículos. Esto abarca aspectos como el tiempo en que un vehículo circula, la duración de los ciclos de tráfico y de los semáforos. La evaluación temporal resulta crucial para entender la eficiencia del tráfico y detectar posibles congestiones (R., 2012).

- **Número de vehículos**

  Cantidad total de unidades motorizadas presentes en un segmento vial en un momento específico. En este estudio, este término es crucial para cuantificar la carga vehicular, permitiendo el análisis de la capacidad vial necesaria para gestionar eficientemente la demanda de tráfico (TomTom, 2023).

- **Vehículos por día**

  Representa la cantidad acumulativa de vehículos que circulan por una vía durante un período de 24 horas. Esta métrica proporciona una visión global de la carga vehicular diaria y es esencial para la planificación estratégica y la gestión efectiva del tráfico (TomTom, 2023).

- **Carriles por vía**

  El número de carriles disponibles en una carretera o segmento vial específico constituye un factor fundamental que influye directamente en la capacidad de la vía para gestionar el flujo vehicular. Esta información resulta indispensable para el diseño y la planificación de la infraestructura vial, con el objetivo de optimizar la

fluidez y la eficiencia del tráfico (TomTom, 2023).

- **Capacidad máxima de soporte vehicular.**

  Se refiere al límite máximo de carga que una infraestructura vial específica puede gestionar de manera eficiente sin generar congestiones significativas. Esta capacidad es esencial para evaluar la sostenibilidad y el funcionamiento óptimo de la vía frente a la demanda de tráfico (Fernando,2018).

- **Software**

  Aplicaciones informáticas utilizadas para el modelado, simulación y optimización del flujo vehicular: estas herramientas tecnológicas desempeñan un papel clave en el análisis de escenarios de tráfico, lo que permite evaluar soluciones y tomar decisiones informadas (Margarito, 2016).

- **Simulación**

  Representación virtual de situaciones de tráfico mediante modelos matemáticos. En el ámbito de esta investigación, la simulación se utiliza para recrear condiciones de congestión vehicular y probar diferentes estrategias de optimización, lo que proporciona resultados prácticos sin necesidad de intervenciones en el tráfico real (Margarito, 2016).

- **Distancia**

  Medida física entre puntos específicos de una vía, esta variable es esencial para evaluar el espacio entre vehículos, la velocidad de circulación y la eficiencia general del flujo vehicular (Margarito, 2016).

- **Semáforos**

  Dispositivos de control de tráfico que regulan el flujo vehicular mediante la asignación de tiempos específicos para el movimiento de vehículos en diferentes direcciones; en este estudio, los semáforos son elementos críticos a considerar en la

optimización del tráfico y la gestión de la congestión (Sorian, 2021).

2.4 Marco legal

Ley N° 27181 – Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre: Establece las competencias del MTC y las autoridades de transporte, así como el marco general para la regulación de dispositivos de control vehicular.

Por lo cual el Reglamento Nacional de Tránsito, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 016-2009-MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2009), regula la circulación vehicular y la prioridad en intersecciones, definiendo la obligatoriedad de la señalización y la semaforización para la correcta organización del tránsito urbano. Así también el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018 es la norma técnica de referencia en el Perú para el diseño y evaluación de intersecciones, estableciendo parámetros de radios de giro, visibilidad, capacidad y procedimientos para la determinación del nivel de servicio. A ello se suman el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), que regula la señalización vertical, horizontal y semafórica.

En el ámbito internacional, la investigación se sustenta en el Highway Capacity Manual (HCM, 7th ed., 2022) (Transportation Research Board, 2022), reconocido como el estándar metodológico más actual y utilizado globalmente para el análisis de capacidad y niveles de servicio en intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación

De acuerdo con el concepto que se maneja en el Libro Metodología de la Investigación de Hernández et al. (2023) donde indica que: “el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.”

La presente investigación se define como de enfoque cuantitativo. En este caso, la investigación cuantifica el fenómeno del "desempeño operativo" a nivel microscópico y macroscópico a través de indicadores numéricos. Se utiliza la estadística descriptiva, inferencial y la simulación para probar la hipótesis de que la "Intervención DMAIC" genera una mejora medible.

3.1.2 Nivel de investigación

El presente estudio es de nivel explicativo. La justificación se sustenta directamente en la definición de Hernández et al. (2023) quienes establecen que los estudios explicativos son los que están "dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos... Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta" (p. 95).

La investigación se ajusta a este nivel porque su finalidad principal es explicar la relación causa-efecto entre las variables. No solo describe el problema, sino que primero se analiza las causas raíz bajo un enfoque DMAIC para explicar por qué ocurre la congestión actual. Y después evalúa en una fase Mejorar cómo la optimización de los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC (causa) afecta al desempeño operativo (efecto) en un escenario simulado.

3.1.3 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada. Esta clasificación resulta complementaria al enfoque cuantitativo y el nivel explicativo para la determinación de la utilidad final y la contribución del conocimiento generado. El autor Méndez (2001) denomina investigación aplicada a la investigación práctica o empírica, la cual se caracteriza por buscar la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos. La finalidad de este estudio se alinea con este concepto, ya que no busca generar teoría, sino utilizar el conocimiento como la metodología DMAIC y la ingeniería de tránsito para proponer una solución destinada a la optimización y gestión del desempeño operativo.

3.1.4 Diseño de investigación

El diseño de investigación adoptado es No Experimental. Porque, como definen Hernández et al. (2023), no se manipulan intencionalmente las variables en la realidad; en su lugar, se observa el fenómeno el tráfico actual, tal como se da en su contexto natural para después analizarlo (p. 152). La "Intervención Operativa" no se implementa físicamente, sino que se propone y evalúa mediante simulación.

El diseño es, a su vez, Transversal, ya que los datos de campo se recolectan en un solo momento en el tiempo el período de aforo para describir las variables en ese momento específico (Hernández et al., 2023, p.154).

Finalmente, el diseño se define como Explicativo-Propositivo. Es Explicativo porque se modela estadísticamente el comportamiento del sistema para identificar y explicar las causas raíz que originan las colas y demoras a partir de los volúmenes de demanda actuales. Es Propositivo porque, a partir del diagnóstico Fase Analizar, se diseña, evalúa y propone formalmente una Intervención Fase Mejorar destinada a resolver el problema identificado.

3.2 Unidades de estudio

3.2.1 Población

La población de estudio está constituida por la totalidad de las intersecciones semaforizadas que conforman la red de transporte urbano del distrito de Majes, departamento de Arequipa, durante el periodo de estudio en el año 2025.

3.2.2 Muestreo

No probabilístico intencional de acuerdo con Hernández et al. (2023), "la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador" (p. 176).

3.2.3 Muestra

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2023), la muestra es un subgrupo representativo de la población de interés sobre el cual se recolectan los datos para el análisis e inferencia. Bajo este precepto metodológico, la muestra de estudio está constituida por la intersección semaforizada conformada por la Avenida Camaná y la Calle Cayma, ubicada en el distrito de Majes. La unidad de análisis comprende la totalidad de los flujos vehiculares que convergen en dicho nodo. Con el objetivo de garantizar la representatividad estadística y capturar con precisión la variabilidad temporal del tráfico, el levantamiento de información en campo se ejecutó durante un periodo continuo de siete días calendario. El periodo adoptado se sigue estrictamente de los lineamientos del Manual de Carreteras Diseño Geométrico (DG2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Este manual requiere esta extensión. Para garantizar que el modelo de micro simulación y el diseño de la intervención sean correctos, se realizó un monitoreo continuo de 24 horas durante el día con más tráfico. Esto permitió identificar las horas de mayor demanda, como la madrugada, la mañana, la tarde y la noche, y los periodos de cambio y de menor tráfico. Los otros días de la semana continuaron con lecturas constantes. Esta manera de recopilar datos, que incluye la cuenta de

peatones y el bloqueo por autobuses como factores clave para calcular el flujo de saturación real, está de acuerdo con las reglas del último Manual de capacidad de carreteras (HCM 2022). De esta forma, los datos que ingresan muestran la realidad de la vía y permiten evaluar bien los retrasos y el nivel de servicio.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En primer lugar, con respecto al método para la recopilación de datos se tiene a la observación como uno de ellos, el cual se basa en examinar el escenario real y tomar los apuntes necesarios Hernández et al. (2023), Esta técnica será usada para levantar información y registrar el comportamiento del tránsito vehicular, peatonal, ubicación de semáforos e identificación de sus ciclos.

Según la siguiente fase de trabajo para proyectar la información recopilada en campo, se utilizará la técnica de simulación mediante los softwares Synchro y SimTraffic. Esto se realizará con el fin de representar fielmente el tránsito vehicular y el ciclo semafórico del área en estudio, permitiendo evaluar el desempeño tanto a nivel macroscópico como microscópico, contrastando la línea inicial con el escenario propuesto.

Por otro lado, dentro de los instrumentos a usar se tiene lo siguiente:

Ficha de conteo vehicular y registro de maniobras: haciendo uso de aforos vehiculares codificados por maniobras se realizó una medición directa tomando como puntos estratégicos los ingresos de la Av. Camaná de norte a sur y la Calle Cayma de este y oeste para así poder tomar todos los vehículos que ingresan al área de estudio. Los tiempos que constituyeron el conteo vehicular fueron en estricto cumplimiento con el Manual de Carreteras (DG 2018) del MTC, el levantamiento de información consistió en un monitoreo continuo durante siete días calendario empezando desde el lunes 10/11/2025 a las 00:00 horas al domingo 16/11/2025 a las 23:59 horas, integrando lecturas de 24 horas, totalizando un total de

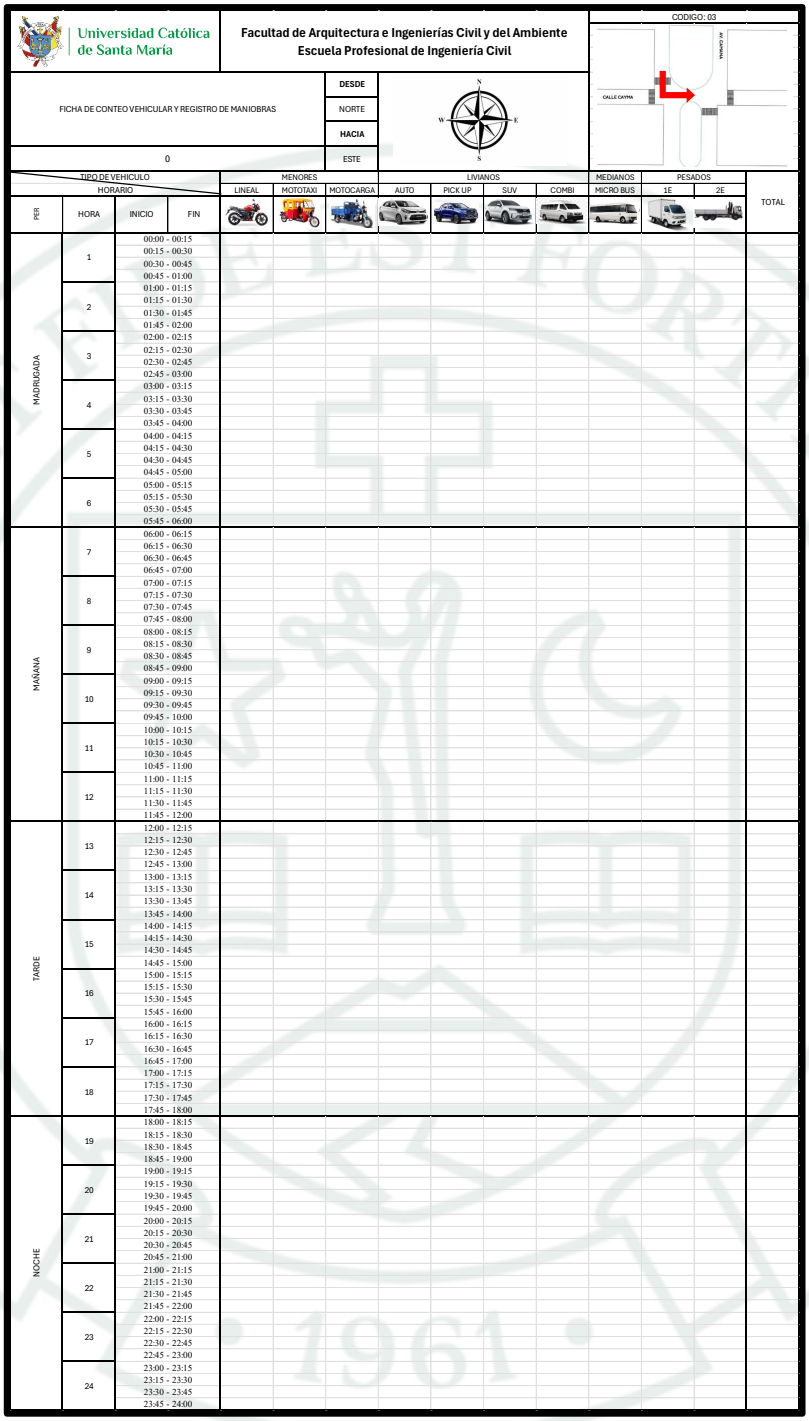
168 horas de medición en campo, donde se registraron los vehículos según la siguiente distribución vehicular:

- Vehículos menores
    - Moto Lineal
    - Mototaxi
    - Moto carga
- vehículos livianos
    - Auto
    - Pick up
    - SUV
    - Combi
    - Medianos
    - Micro bus
- vehículos Pesados
    - 2 ejes
    - 3 ejes

Los aforos contaron con separaciones en intervalos de quince minutos

Figura 13

Plantilla de aforos vehiculares



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03

FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
NORTE
HACIA
ESTE

0

CALLE CAYMA

AV CAYMA

				TIPO DE VEHICULO	MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
				HORARIO	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
PER	HORA	INICIO	FIN												
MADRUGADA	1	00:00	00:15												
		00:15	00:30												
		00:30	00:45												
		00:45	01:00												
	2	01:00	01:15												
		01:15	01:30												
		01:30	01:45												
		01:45	02:00												
	3	02:00	02:15												
		02:15	02:30												
		02:30	02:45												
		02:45	03:00												
	4	03:00	03:15												
		03:15	03:30												
		03:30	03:45												
		03:45	04:00												
	5	04:00	04:15												
		04:15	04:30												
		04:30	04:45												
		04:45	05:00												
	6	05:00	05:15												
		05:15	05:30												
		05:30	05:45												
		05:45	06:00												
MAÑANA	7	06:00	06:15												
		06:15	06:30												
		06:30	06:45												
		06:45	07:00												
	8	07:00	07:15												
		07:15	07:30												
		07:30	07:45												
		07:45	08:00												
	9	08:00	08:15												
		08:15	08:30												
		08:30	08:45												
		08:45	09:00												
	10	09:00	09:15												
		09:15	09:30												
		09:30	09:45												
		09:45	10:00												
	11	10:00	10:15												
		10:15	10:30												
		10:30	10:45												
		10:45	11:00												
	12	11:00	11:15												
		11:15	11:30												
		11:30	11:45												
		11:45	12:00												
TARDE	13	12:00	12:15												
		12:15	12:30												
		12:30	12:45												
		12:45	13:00												
	14	13:00	13:15												
		13:15	13:30												
		13:30	13:45												
		13:45	14:00												
	15	14:00	14:15												
		14:15	14:30												
		14:30	14:45												
		14:45	15:00												
	16	15:00	15:15												
		15:15	15:30												
		15:30	15:45												
		15:45	16:00												
	17	16:00	16:15												
		16:15	16:30												
		16:30	16:45												
		16:45	17:00												
	18	17:00	17:15												
		17:15	17:30												
		17:30	17:45												
		17:45	18:00												
NOCHE	19	18:00	18:15												
		18:15	18:30												
		18:30	18:45												
		18:45	19:00												
	20	19:00	19:15												
		19:15	19:30												
		19:30	19:45												
		19:45	20:00												
	21	20:00	20:15												
		20:15	20:30												
		20:30	20:45												
		20:45	21:00												
	22	21:00	21:15												
		21:15	21:30												
		21:30	21:45												
		21:45	22:00												
	23	22:00	22:15												
		22:15	22:30												
		22:30	22:45												
		22:45	23:00												
	24	23:00	23:15												
		23:15	23:30												
		23:30	23:45												
		23:45	24:00												

Nota. Se muestra la plantilla a emplear para registrar los aforos vehiculares , Fuente: Elaboración propia.

Ficha de conteo de conflictos por cruces peatonales y por bicicletas: Se aplicó para realizar una medición directa y cuantificar la fricción lateral no motorizada, circunscribiendo su aplicación de forma estricta a la Hora de Máxima Demanda del día de mayor carga vehicular identificado, En este sentido, y con el fin de asegurar la consistencia del flujo analizado, la recolección de datos en campo se ejecutó exactamente una semana después, respetando el mismo día y la misma franja horaria identificada. Asimismo, la obtención de esta información resulta un paso indispensable para calibrar el sistema computacional. De esta manera, los datos ingresados permiten que el software calcule correctamente las penalizaciones sobre el flujo de saturación, asegurando, por consiguiente, que el modelo digital represente de forma confiable el nivel de demora y el comportamiento operativo real de la vía.

Figura 14

Plantilla de aforo de conflictos por cruces peatonales y por bicicletas

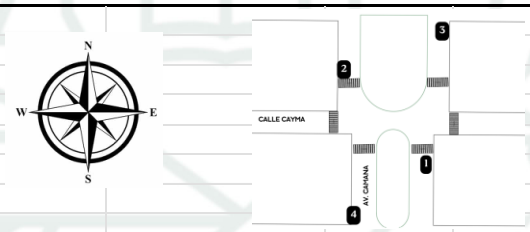
Universidad Católica de Santa María			Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil					
FICHA DE CONTEO DE CONFLICTOS POR CRUCES PEATONALES Y POR BICICLETAS			N W E S			A G CALLE CAYMA B F C D AV. CAHUIDA		
FECHA 14/11/2025								
VIA / HORARIO			A	B	C	D	E	F
TIPO	INICIO	FIN						
PEATONAL	18:00	18:15						
	18:15	18:30						
	18:30	18:45						
	18:45	19:00						
BICICLETAS	18:00	18:15						
	18:15	18:30						
	18:30	18:45						
	18:45	19:00						

Nota. Se muestra la plantilla a emplear para registrar los conflictos por cruces peatonales y por bicicletas, Fuente: Elaboración propia.

Ficha de conteo de bloqueos de autobús: Se aplicó para evaluar la reducción de la capacidad vial inducida por las constantes detenciones del transporte público. Para asegurar la precisión del diagnóstico, la extracción de datos empíricos se limitó estrictamente a la Hora de Máxima Demanda (HMD) correspondiente al día de mayor carga vehicular. Mediante este aforo, se logró cuantificar la frecuencia exacta de paradas en los márgenes de aproximación al nodo y en los paraderos aledaños. La obtención de esta información resulta indispensable para el proceso de calibración del sistema computacional De este modo, con esta información, se garantiza de forma analítica que el modelo digital refleje con absoluta precisión el estrangulamiento operativo y las demoras reales que experimenta la intersección.

Figura 15

Plantilla de aforo de bloqueo de autobús

Universidad Católica de Santa María			Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
FICHA DE CONTEO DE BLOQUEO DE AUTOBUS						
FECHA 14/11/2025						
VIA HORARIO			1	2	3	4
TIPO	INICIO	FIN				
# DE DETENCIONES	18:00 - 18:15 18:15 - 18:30 18:30 - 18:45 18:45 - 19:00					

Nota. Se muestra la plantilla a emplear para registrar los bloqueos de autobús, Fuente: Elaboración propia.

3.4 Técnicas y Herramientas de Procesamiento de Datos

Se utilizó un flujo de trabajo estructurado para procesar la información recopilada en campo. Se emplearon técnicas de tabulación, modelado computacional y análisis estadístico a fin de garantizar la trazabilidad, exactitud matemática y rigor analítico que exige la investigación. Se utilizó el programa Microsoft Excel para la tabulación y el Análisis estadístico Descriptivo. Los datos de los conteos vehiculares direccionales y los levantamientos topográficos se procesaron primero en hojas de cálculo estructuradas. De este modo, se calcularon métricas de tránsito importantes, como los Volúmenes Horarios de Máxima Demanda (VHMD), el Factor de Hora Pico (FHP) y la composición vehicular exacta. Con este entorno se desarrollaron también herramientas del ciclo DMAIC. Esto facilitó la cuantificación del Diagrama de Pareto (80/20) y del Diagrama de Ishikawa. Finalmente, este software se utilizó de manera transversal para la estadística descriptiva comparativa de la línea base con la propuesta. Esto hizo posible calcular el porcentaje de tasa de mejora. De este modo se verificó el grado de positividad de la intervención en todos los indicadores de desempeño operativo, incluso a nivel macroscópico.

Por otro lado, se utilizaron los programas especializados Synchro Traffic V.12 y SimTraffic para la técnica de simulación y Análisis Operativo. Estos programas constituyeron el principal motor de análisis de la investigación. Los datos físicos de la fase anterior se han introducido en este entorno virtual paramétrico para crear el modelo dinámico de la "Línea Base". Synchro, en conjunto con los algoritmos del manual Highway Capacity Manual (HCM 2022), procesó las variables de entrada y de forma automática calculó indicadores a nivel macroscópico, como la Demora de Control, el Nivel de Servicio (LOS), la Longitud de Cola y la relación Volumen/Capacidad (v/c). Posteriormente este mismo entorno modeló el escenario propuesto en la fase de implementación y extrajo también la matriz de datos a nivel microscópico mediante iteraciones con SimTraffic. De esta manera se podía predecir el

impacto total de las contramedidas antes de aplicarlas físicamente.

Finalmente, para la técnica de análisis inferencial y prueba de hipótesis, la matriz de datos estocásticos obtenida del simulador se exportó y procesó con el software IBM SPSS Statistics. En una primera etapa el programa ayudó a evaluar la mejora generando herramientas visuales como histogramas, diagrama de caja y bigotes (Boxplots) y gráficos de control I-MR que permitieron ver de forma clara la variabilidad y estabilidad de los indicadores analizados. Este paquete estadístico fue, principalmente, la herramienta principal para dar validez científica al estudio al ejecutar las pruebas de hipótesis para los indicadores microscópicos. Mediante pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y análisis inferenciales, tales como la Prueba T de Student para muestras emparejadas y la Prueba de rangos con signo de Wilcoxon, se demostró de manera probabilística la verdadera significancia y magnitud del efecto de las optimizaciones realizadas en la intersección.

3.5 Adaptación del ciclo DMAIC a la ingeniería de tránsito

La presente investigación adoptó y ejecutó la estructura completa procedimental de mejora continua DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Para garantizar el máximo rigor científico, esta metodología creada inicialmente para el aseguramiento de la calidad industrial ha sido extrapolada y adaptada paramétricamente al análisis estocástico del flujo vehicular en la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma.

Primeramente, se realizó la redefinición rigurosa de los conceptos de calidad industrial hacia la ingeniería de tránsito. En el sector manufacturero, la eficiencia se mide por la tasa de producción y los defectos; en el ámbito vial, estos conceptos se definen de la siguiente manera: El "Defecto" se conceptualiza como aquel vehículo que experimenta un tiempo de demora por control superior al umbral de aceptabilidad técnica, lo que genera colas sucesivas y degrada el Nivel de Servicio (LOS) de la intersección. Mientras que por otro lado La "Variabilidad del

Proceso" se traduce en la fluctuación estocástica de la demanda vehicular y las alteraciones en el flujo durante las horas de máxima demanda. Por último, El "Cliente" Está representado por los usuarios de la vía (conductores y peatones) que demandan un servicio de movilidad fluido, seguro, de calidad y eficiente. Bajo este nuevo paradigma, el objetivo de la metodología Six Sigma muta porque ya no busca perfeccionar un producto en una línea de ensamblaje, sino busca maximizar la capacidad operativa instalada de la infraestructura vial, mitigando la congestión mediante una gestión basada en datos.

3.6 Calibración por Volúmenes Vehiculares

La validación cuantitativa del modelo de micro simulación se fundamenta en la comparación directa entre los flujos vehiculares empíricos (obtenidos mediante aforos físicos en la intersección) y los flujos resultantes del procesamiento computacional. Dado que el volumen de tráfico presenta una naturaleza estocástica, la evaluación de la precisión del modelo no se realiza mediante diferencias porcentuales simples, sino a través de la aplicación del estadístico GEH.

El GEH es una formulación empírica y continua que resulta altamente sensible a los volúmenes de tráfico, evitando los sesgos matemáticos que presentan los porcentajes tradicionales en flujos muy altos o bajos. La metodología de cálculo se rige por la siguiente ecuación diferencial de ajuste:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(E-V)^2}{E+V}}$$

Donde:

GEH: funciona como el indicador estadístico.

E: representa el volumen estimado por el modelo.

V: es el volumen medido en campo.

Para certificar que el modelo de Línea Base se encuentra formalmente calibrado y es apto para la proyección de mejoras operativas, la investigación adopta los lineamientos internacionales estipulados por el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) y los estándares del The Traffic Modelling Guidelines elaborados por Transport for London (TfL).

Bajo este marco normativo, la validación del modelo se dictamina en función de los siguientes rangos de tolerancia estadística:

- **GEH < 5.0:** Se considera un ajuste estadístico óptimo. Indica que el modelo replica la realidad con alta fidelidad (Variación permisible).
- **5.0 < GEH < 10.0:** Advierte una desviación moderada que requiere justificación técnica o revisión de los parámetros de red.
- **GEH > 10.0:** Evidencia una alta probabilidad de error en el modelamiento o en la recolección de datos, invalidando el escenario simulado.

Para neutralizar el margen de error derivado del comportamiento aleatorio en la generación de vehículos dentro del software, el diseño metodológico contempla la ejecución de un conjunto de iteraciones independientes (corridas de simulación), el volumen final a contrastar en la fórmula del GEH corresponde a todos los volúmenes de llegada procesados en la totalidad de las iteraciones. Este procedimiento garantiza una estabilidad numérica que fundamenta científicamente la validez del diagnóstico inicial del sistema vial.

3.7 Calibración del Sistema computacional macroscópico (Contraste analítico HCM vs. Software)

Para garantizar la validez del modelo computacional de la intersección y evitar sesgos algorítmicos, en la fase medir, la calibración del sistema se ejecutará mediante el contraste directo entre el modelo matemático normativo y el modelo de micro simulación, aplicando la siguiente secuencia metodológica:

- **Extracción analítica Escenario HCM:** Se calculará la demora de control teórica procesando los aforos vehiculares y peatonales de campo mediante las ecuaciones determinísticas del Highway Capacity Manual (HCM 7th Edición).
- **Simulación inicial Escenario Software:** Se ejecutará el modelo digital en el entorno de Synchro V.12 utilizando los parámetros algorítmicos de comportamiento vehicular predeterminados, obteniendo la demora dinámica inicial.
- **Análisis de Varianza y Jerarquía Analítica:** Se ejecutará un análisis comparativo de las varianzas entre los resultados arrojados por el motor de micro simulación y el reporte determinístico del HCM 2022. En una primera instancia, y de ser estrictamente necesario, se procederá a calibrar iterativamente las variables internas del software para aproximar las demoras de la simulación a los valores normativos. En su defecto, y reconociendo las divergencias naturales algorítmicas de ambos motores en caso de sobresaturación, se creará una jerarquía para validar los resultados. Esta jerarquía priorizará que el reporte del HCM 2022 sea el estándar oficial para medir la Demora de Control y el Nivel de Servicio (LOS). Los resultados del motor nativo de simulación, serán usados para evaluar otros parámetros dinámicos. De esta manera se asegura la integridad y la solidez del diagnóstico.
- En caso de que cumplamos estrictamente estos tres pasos, el modelo digital coincidirá con la realidad empírica. Esto facilita establecer una Línea Base operativa que se valida mediante métodos matemáticos en la fase de medir. De esta manera, posteriormente se podrá realizar el análisis de la intervención DMAIC.

3.8 Validación de Estabilidad y Confiabilidad de Escenarios

Para asegurar la validez de los resultados los escenarios fueron sometidos a un proceso de validación estocástica estructurado. Dado que el tráfico es dinámico y aleatorio, los resultados obtenidos en un entorno de microsimulación (SimTraffic) pueden variar debido a la propia aleatoriedad del programa. Para disminuir este sesgo se decidio realizar 20 repeticiones independientes a nivel microscópico en cada escenario evaluado. La decisión obedece a las directrices de la Administración Federal de Carreteras (FHWA). Esta entidad señala que, aunque se aconseja un mínimo de 10 repeticiones para captar la variabilidad básica de una red, el empleo de 20 permite filtrar mejor el "ruido" estocástico y alcanzar un nivel de confianza estadística mayor al 95 % en la estabilización de los promedios obtenidos.

Después de consolidar la matriz de datos con las 20 iteraciones, se utilizó la herramienta de la metodología Six Sigma para revisar la consistencia de las métricas. Para ello se escogió emplear los Gráficos de Control I-MR (Individuos y Rango Móvil). Estos gráficos son una herramienta estadística útil para monitorear variables continuas a través de múltiples observaciones. Los gráficos I-MR son útiles para este estudio ya que pueden separar la "variación por causa común" (los cambios normales del día a día del tránsito) de la "variación por causa especial" (anomalías extremas o errores en la calibración del modelo). Estos gráficos, al mostrar la evolución de los indicadores microscópicos, como son los tiempos de viaje o las detenciones, a lo largo de las 20 simulaciones, ayudaron a apreciar de forma clara la estabilidad del sistema propuesto.

Finalmente, a efectos de fiabilidad de los escenarios, el criterio de evaluación demanda que el comportamiento de la red se mantenga bajo un riguroso control estadístico. Es decir, los datos de las iteraciones tienen que acercarse a la línea central, que representa el promedio del proceso, y permanecer dentro del Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI). Si el I-MR gráfico no tiene puntos fuera de control ni patrones inusuales,

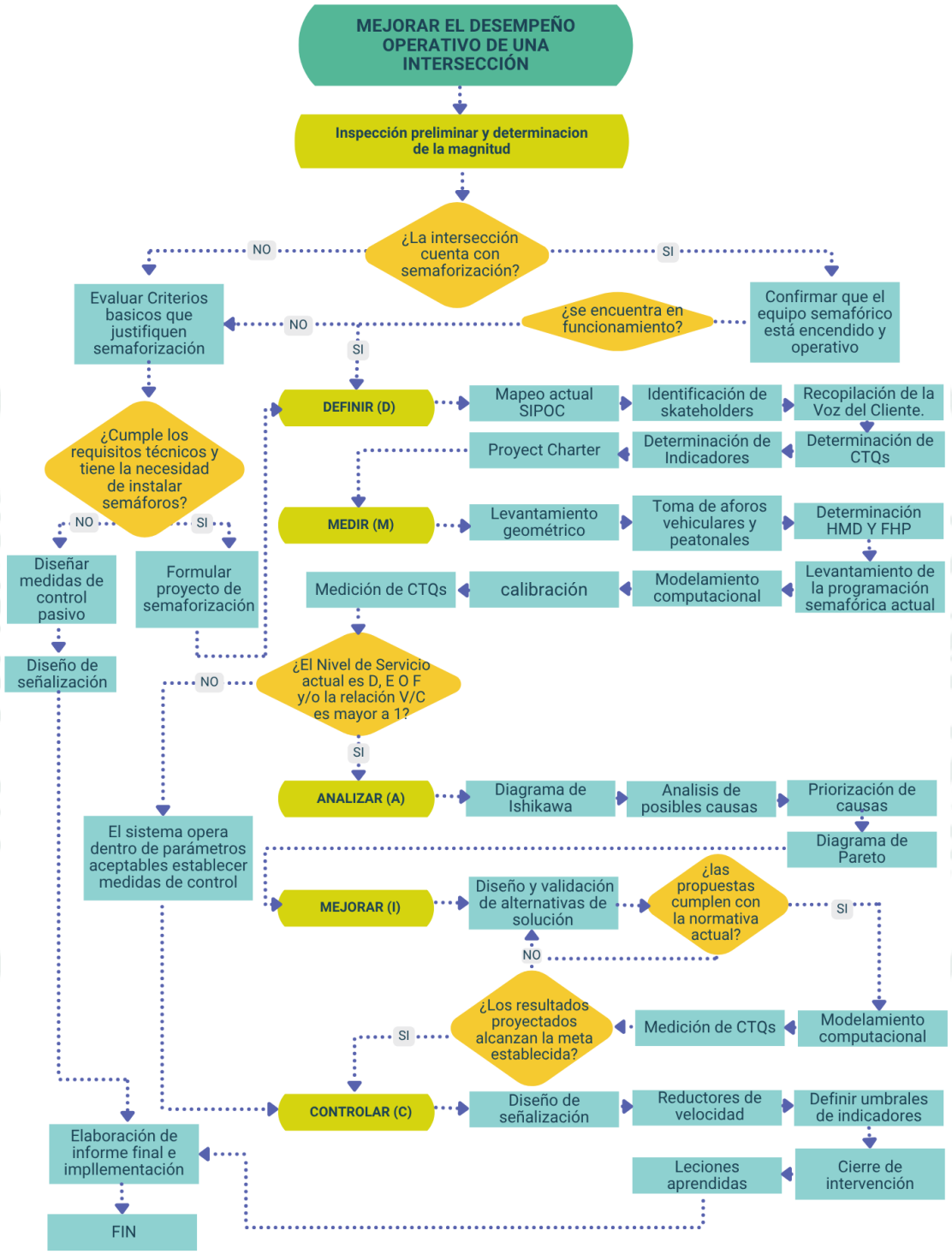
podemos confirmar que se ha logrado un entorno vial estable y predecible mediante el ajuste de los parámetros semafóricos. De esta forma, se logra sentar una base sólida y confiable para proceder a la comparación de las hipótesis inferenciales. De tal manera se sienta una sólida y confiable base para proceder a la comparación de las hipótesis inferenciales.

3.9 Diagrama de flujo

El flujo de trabajo propuesto es un modelo paramétrico y universal. Este estudio se limita a la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma, pero la metodología no solo aplica a este nodo. El modelo se basa en el ciclo DMAIC y es altamente escalable. De esta manera, la misma secuencia de pasos puede repetirse y extenderse para mejorar avenidas enteras, redes viales conectadas, o incluso aplicarse en la planificación a gran escala en ciudades que, como el distrito de Majes, presentan un rápido crecimiento poblacional. A continuación se presenta el diagrama de flujo metodológico de la investigación.

Figura 16

Diagrama de flujo

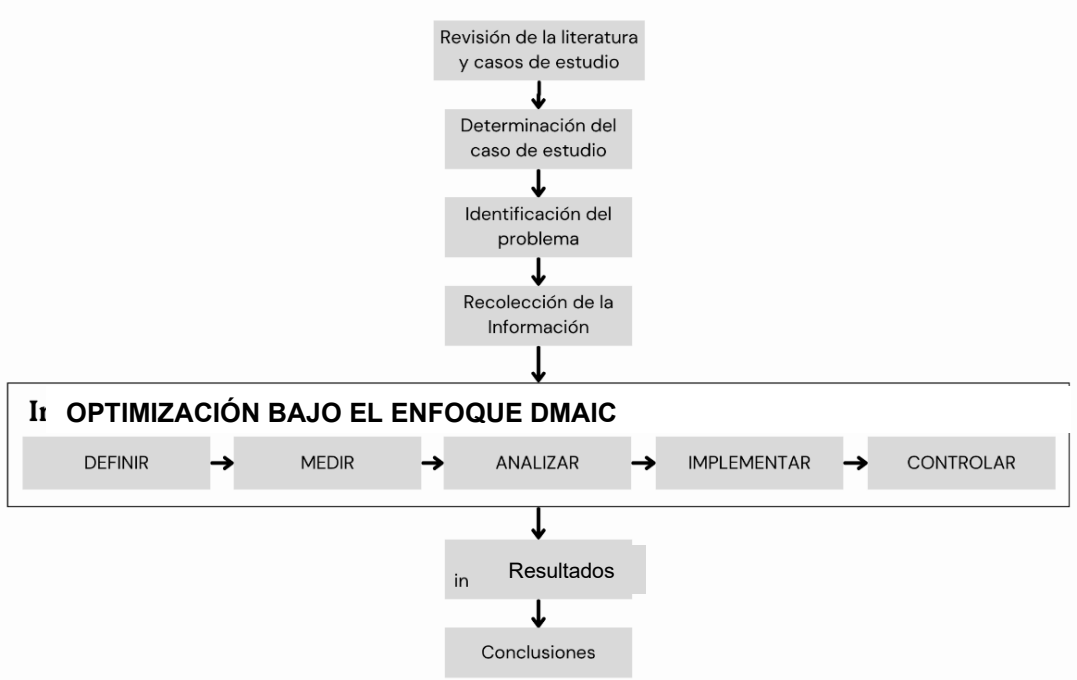


Nota. Se muestra el diagrama de flujo de la metodología propuesta, Fuente: Elaboración propia.

3.10 Esquema metodológico

Figura 17

Esquema metodológico optimización bajo el enfoque DMAIC



Nota. La figura muestra el esquema metodológico a seguir para la intervención DMAIC, Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de la investigación se estructuró a través de un esquema procedimental secuencial, con el firme objetivo de asegurar una lógica coherente desde la fase diagnóstico hasta la verificación de los resultados obtenidos, este proceso se dividió en tres etapas:

Fase Previa: Se inició con el diagnóstico y la conceptualización; el proceso se inició con la revisión sistemática de la literatura y la determinación del caso de estudio, el cual está centrado espacialmente en la intersección de la Av. Camaná con la C. Cayma del distrito de Majes. En esta fase de preparación la identificación del problema requirió una adaptación conceptual clave para la ingeniería civil: el "defecto" operativo no se conceptualizó como una pieza mal fabricada propio del enfoque industrial tradicional, sino como un vehículo que experimenta un tiempo de demora superior al umbral de aceptabilidad del Nivel de Servicio,

condición que genera colas sucesivas y degrada el desempeño operativo vial. Seguidamente, se procedió a la planificación de la recolección de información primaria.

Fase Central: La siguiente fase, orientada a la optimización bajo el Enfoque DMAIC, involucra una intervención directa en la intersección, constituyendo el núcleo analítico del estudio y estructurándose en torno a los cinco pilares secuenciales de la metodología Six Sigma.

- **Definir:** L La fase inicial formalizó la intervención mediante la elaboración del Project Charter (Acta de Constitución del Proyecto), estableciendo el alcance espacial y operativo; paralelamente, se realizó un análisis de Stakeholder (involucrando a los usuarios de la vía y a la administración municipal) y se mapeó el macroproceso del sistema mediante la herramienta SIPOC, esto permitió esquematizar rigurosamente a los Proveedores, las Entradas (volumen vehicular), el Proceso (gestión de la intersección), las Salidas (vehículos procesados) y los Clientes, estableciendo la congestión extrema como la métrica crítica a mitigar..
- **Medir:** Se estableció la "Línea Base" del sistema operativo, documentando milimétricamente el estado actual mediante exhaustivo trabajo de campo, registrando la señalización existente, geometría vial, aforos vehiculares direccionales, tiempos de las fases semafóricas vigentes; cuantificando con esta data pura los indicadores paramétricos actuales para establecer un punto de partida numérico y objetivo, antes de cualquier intervención.
- **Analizar:** Con el fin de encontrar las causas principales del colapso, se elaboró un Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto). En este diagrama se agruparon todos los factores de infraestructura y de operación que causan el problema. Tras realizar este análisis, se aplicó el Principio de Pareto (Regla 80/20). Esta herramienta estadística permitió separar los "muchos triviales", de los "pocos vitales". Con datos se pudo demostrar qué causas raíz causaban la mayor parte de las demoras. Esto hizo que se

pudieran concentrar los esfuerzos de mejora donde el impacto sería mayor.

- **Implementar (Mejorar):** A partir de las causas vitales obtenidas en el análisis de Pareto, se diseñaron las contramedidas; estas propuestas operativas se simularon computacionalmente con Synchro V.12 y SimTraffic para predecir su impacto antes de su implementación, verificando la reducción de la ineficiencia y el descongestionamiento físico de los accesos críticos.
- **Controlar:** Con el objetivo de mantener el funcionamiento del nuevo diseño operativo frente a la variabilidad del tráfico, se implementaron mecanismos preventivos basados en la filosofía Poka-Yoke, orientada a evitar errores; la fase concluyó con la estandarización del modelo. Se registraron las experiencias obtenidas para la futura gestión vial municipal.

Fase Final: El proceso investigativo se dio por concluido con el procesamiento de los resultados de los modelos de simulación. En esta fase final se emplearon técnicas de estadística descriptiva e inferencial para consolidar los datos. Esto permitió llegar a las conclusiones finales sobre la efectividad empírica de la optimización bajo el enfoque DMAIC en la recuperación y mejora del desempeño operativo de la intersección.

3.11 Evaluación de la Efectividad y Validación de la Mejora

El fundamento de la verificación científica de esta investigación radica en que la efectividad de la intervención no se asume de manera empírica. Se prueba con un riguroso respaldo analítico y estocástico. Se realizó primero una evaluación mediante un análisis descriptivo comparativo entre los escenarios modelados. Se extrajeron los indicadores de desempeño operativo, macroscópicos y microscópicos del modelo de la “Línea Base” y se compararon con los resultados del modelo optimizado, luego de aplicar las contramedidas. Este primer análisis permitió el cálculo matemático de la tasa porcentual positiva o negativa de la

mejora operativa lograda en la intersección.

Sin embargo, para dar una validez científica concluyente y responder de forma definitiva a las preguntas del estudio, la comprobación fue más allá de los promedios descriptivos y se sometió a un análisis de estadística inferencial. Con la información que se obtuvo de las iteraciones se elaboró una matriz de datos que se sometió a pruebas de hipótesis. Se evaluó la normalidad y se aplicaron contrastes paramétricos y no paramétricos. Con ello se determinó la significancia del cambio, lo que permitió rechazar estadísticamente la Hipótesis Nula (H0) y aceptar la Hipótesis General (H1) con un 95%. De este modo, se demostró, de manera probabilística, que la aplicación integrada del ciclo DMAIC es altamente efectiva para restituir y mejorar el desempeño operativo del sistema vial urbano.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO

4.1 Caso de estudio

4.1.1 Delimitación espacial

El estudio se desarrolló en la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma, ubicada en el C.P. de El Pedregal, capital del distrito de Majes, provincia de Caylloma, región Arequipa.

4.1.2 Fundamento de selección de caso de estudio

La delimitación espacial se fundamenta en su criticidad ante el crecimiento demográfico y vehicular de la zona. Majes exhibe una profunda brecha de investigación, constituyéndose como el escenario piloto idóneo para esta validación empírica; al utilizar el ciclo DMAIC en conjunto con los parámetros del HCM 2022, se genera un modelo que trasciende este caso, la metodología validada no solo resuelve esta problemática puntual, sino que se convierte en una herramienta técnica altamente escalable y universalmente replicable, apta para el diagnostico, análisis y la mejora de cualquier otra intersección, corredor principal o red vial urbana.

4.1.3 Delimitación temporal

La investigación se llevó a cabo durante los meses de octubre, noviembre, diciembre del año 2025 y enero del año 2026.

4.1.4 Ubicación del caso de estudio

Departamento: Arequipa

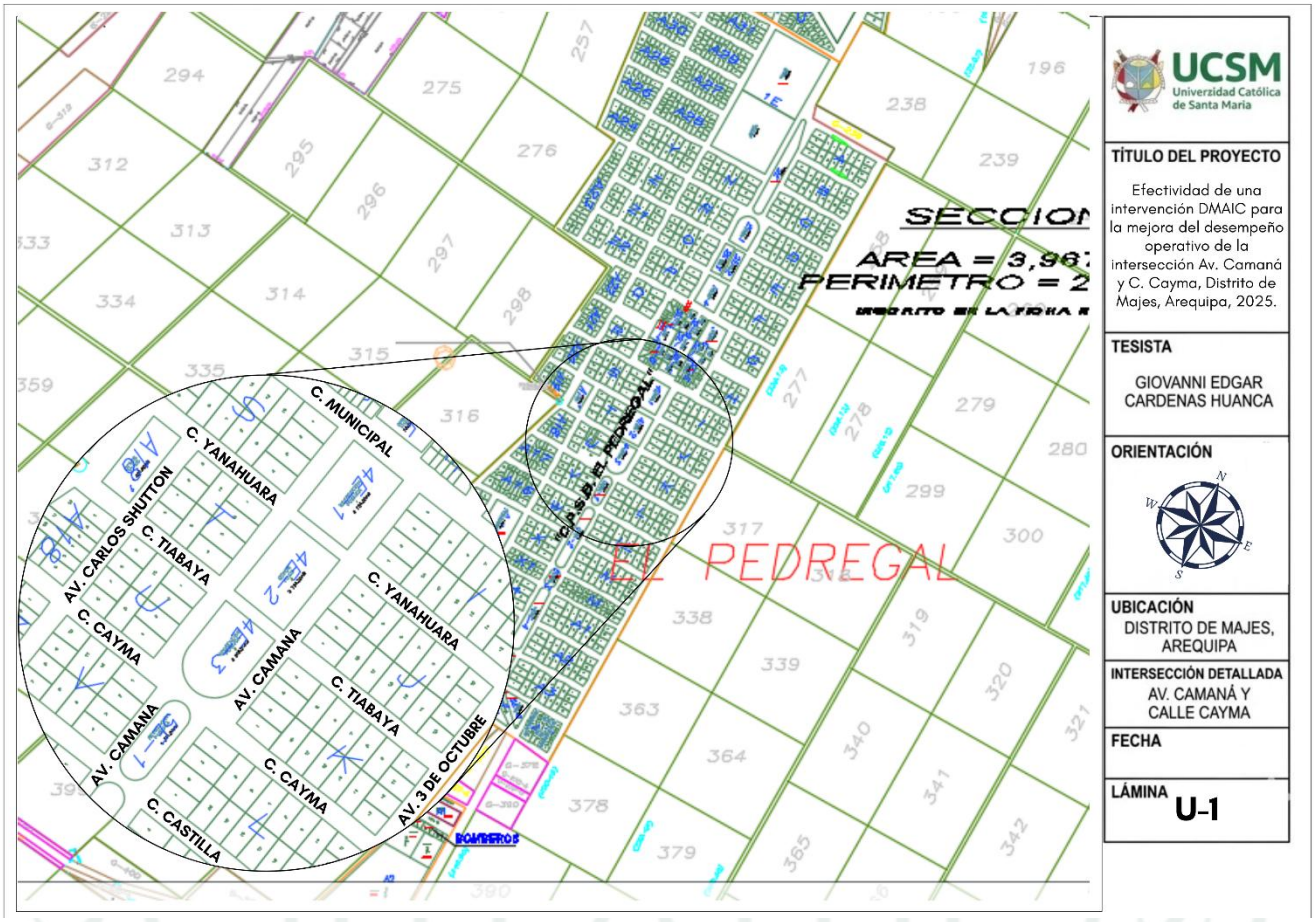
Provincia: Caylloma

Distrito: Majes

Esta intersección se encuentra ubicada en el centro poblado del pedregal y está conformada por la avenida Camaná y la calle Cayma.

Figura 18

Ubicación del proyecto



Nota. Intersección conformada por la avenida Camaná y la calle Cayma, Adaptación propia en base a capturas de Google Maps.

4.1.5 Área de estudio

El área seleccionada para el estudio está limitada por la avenida y calle detallada en la Tabla N°5. Asimismo, en las figuras correspondientes se pueden observar las intersecciones que conforman dicha zona de análisis, lo que permite visualizar con mayor claridad los puntos clave dentro del área evaluada.

Tabla 5

Área de Estudio

AVENIDA/CALLE	ORIENTACIÓN	CALLES COLINDANTES
Av. Camaná	Norte / Sur	C. Tiabaya, C. Castilla
Calle Cayma	Este / Oeste	Av. 3 de octubre, Av. Carlos Shutton

Nota. Se indica las calles colindantes con su respectiva orientación abarcadas en el área de estudio, Fuente: Elaboración propia.

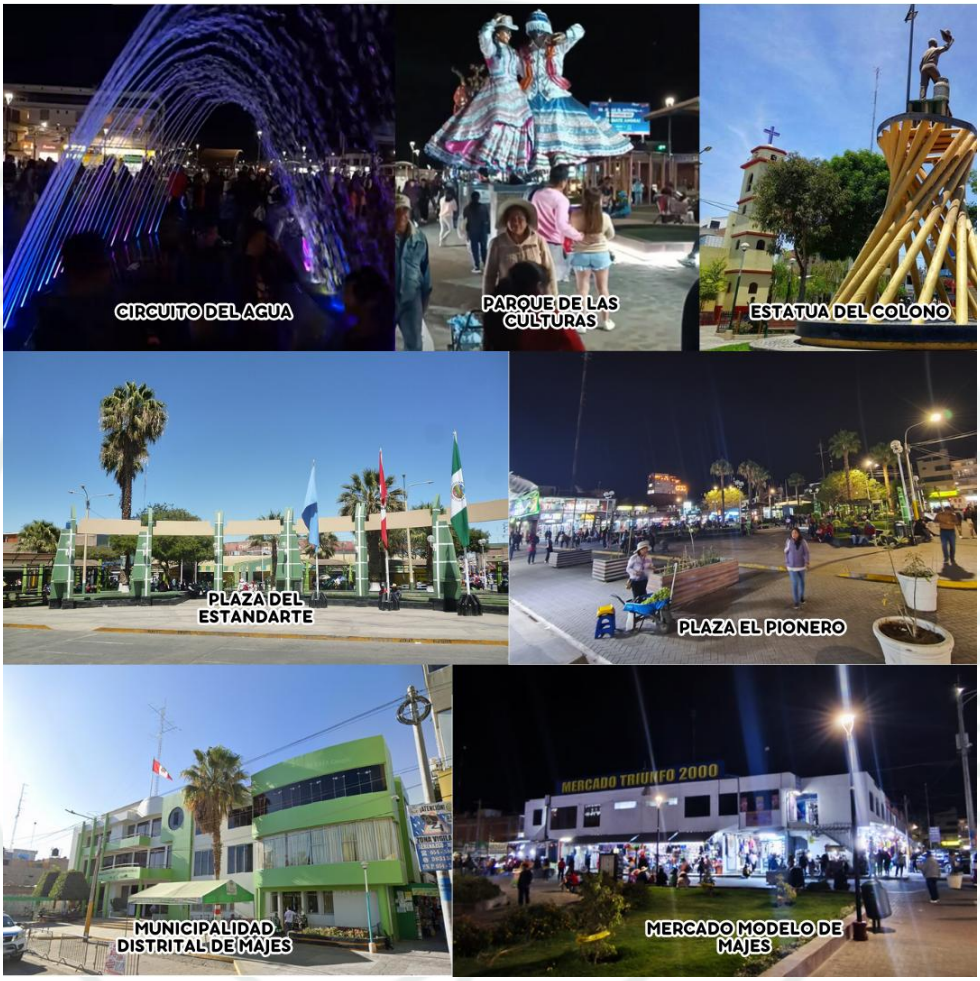
4.1.6 Análisis de las avenidas que intervienen en la zona de estudio

- Av. Camaná: Es considerada una de las vías más relevantes de El Pedregal, ya que cumple un rol estratégico fundamental al conectar los centros poblados del norte con los del sur del distrito. Además de su función como eje vial principal, la avenida destaca por su dinámico entorno. Hacia el norte, se ubica la municipalidad y otras entidades de alta concurrencia, tanto públicas como privadas. El tramo sur, por su parte, concentra los principales comercios de la localidad. Ambos márgenes de la vía albergan una amplia oferta de servicios incluyendo mercados, restaurantes, bancos y farmacias además de articular importantes zonas recreacionales, como el Parque de las Culturas, el Parque del Agua, la Plaza de la Medía Luna, parque de los dinosaurios y la Plaza del Colono. De esta manera, la avenida funciona como un corredor vital que integra las actividades residenciales, comerciales y recreativas de alta demanda en la zona.
- Calle Cayma: Situada en el corazón del centro poblado más importante, esta calle funciona como un punto de enlace primordial. Conecta vías colectoras importantes como la Avenida Camaná, la Avenida 3 de octubre y la Avenida Carlos Shutton. Su relevancia estratégica radica en su capacidad para distribuir los flujos de tráfico, facilitando tanto el tránsito vehicular como el peatonal. Además, a lo largo de esta calle se concentra una gran parte del comercio local logrando así consolidarse como una vía

esencial para la conectividad urbana.

Figura 19

Lugares concurridos entre la Av. Camaná



Nota: Adaptación propia Lugares concurridos ubicados entre la Av. Camaná, Fuente: Elaboración propia.

4.1.7 Análisis del área de impacto

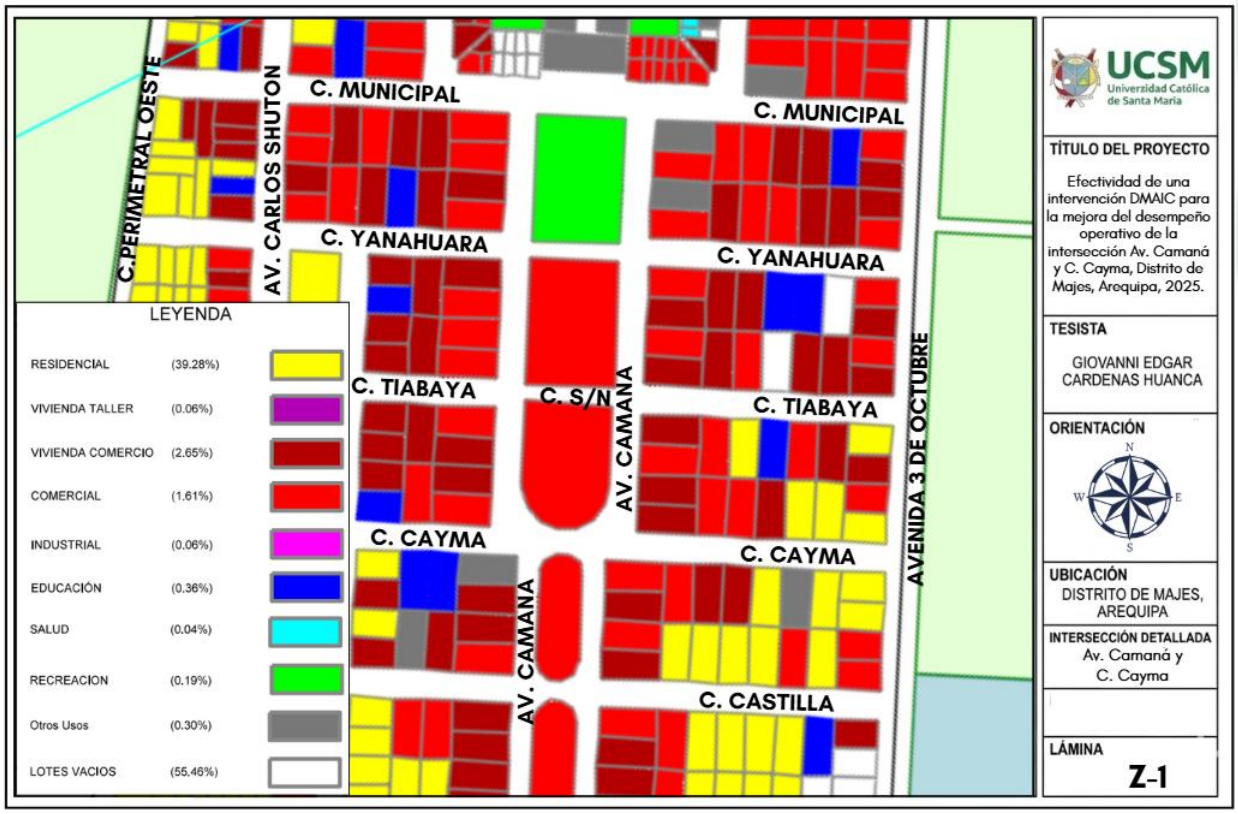
El distrito de Majes representa el refugio demográfico provincial con 60,108 habitantes Censo (INEI, 2017), lo que construye aproximadamente el 69.3% de la población total de la provincia de Caylloma 86,771 habitantes. Este predominio es resultado de un crecimiento urbano acelerado, único en la región, donde la población de El Pedregal pasó de solo 2,000 habitantes en 1983 a más de 62,000 en 2017, además existen estimaciones locales actuales que sugieren cifras entre 150,000 y 200,000 habitantes. Este desarrollo ha configurado un modelo urbano de tipo mono céntrico, donde El Pedregal funciona como el centro urbano soporte, un rol consolidado y previsto por el Proyecto Especial Majes Siguas (Primera Etapa) que centralizó las actividades agropecuarias y de transformación en la zona. Se prevé que la tendencia de crecimiento se intensificará drásticamente con la reactivación del Proyecto Majes Siguas II, el cual según AUTODEMA prevé la habilitación de 38,500 nuevas hectáreas para la agroindustria, la creación de 100,000 empleos directos y 150,000 indirectos, y beneficiará a una población total de 300,000 personas, consolidando a Majes como la segunda ciudad más importante de Arequipa. Este escenario futuro agrava la problemática actual: existe un desfase crítico entre la alta demanda de movilidad, intensificada por el modelo mono céntrico, y la capacidad de la oferta vial de la intersección. Esta situación ya genera congestión vehicular en horas punta, maniobras conflictivas y un bajo nivel de servicio, lo que subraya la urgencia de un análisis técnico para su optimización favoreciendo así un desarrollo.

4.1.8 Zonificación

De acuerdo con el plan de desarrollo urbano de majes, la zona urbana consolidada que rodea la intersección se caracteriza por ser un área de uso mixto. Se observa en la Figura N°20, 21 y 22 una alta concentración de lotes destinados a Comercial y de forma predominante a Vivienda Comercio. Este núcleo de actividad económica coexiste directamente con una alta densidad residencial. Así mismo, se visualizan otras zonas destacando áreas significativas para Educación, Recreación, Salud y Otros Usos. Es esta combinación de alta densidad residencial con usos comerciales y otros usos son los que generan la alta demanda de movilidad que converge en la intersección.

Figura 20

Zonificación



Nota. Se muestra la zonificación del Area de estudio extraido del plan de desarrollo concertado 2021 (Municipalidad Distrital de Majes, 2012)

Figura 21

Zona comercial en la Av. Camaná sentido Norte-Sur.



Nota. Tiendas comerciales ubicadas en la Av. Camaná sentido Norte - Sur. Adaptación propia, captura de Google Maps 2022,

Figura 22

Zona comercial en la Av. Camaná sentido Sur-Norte

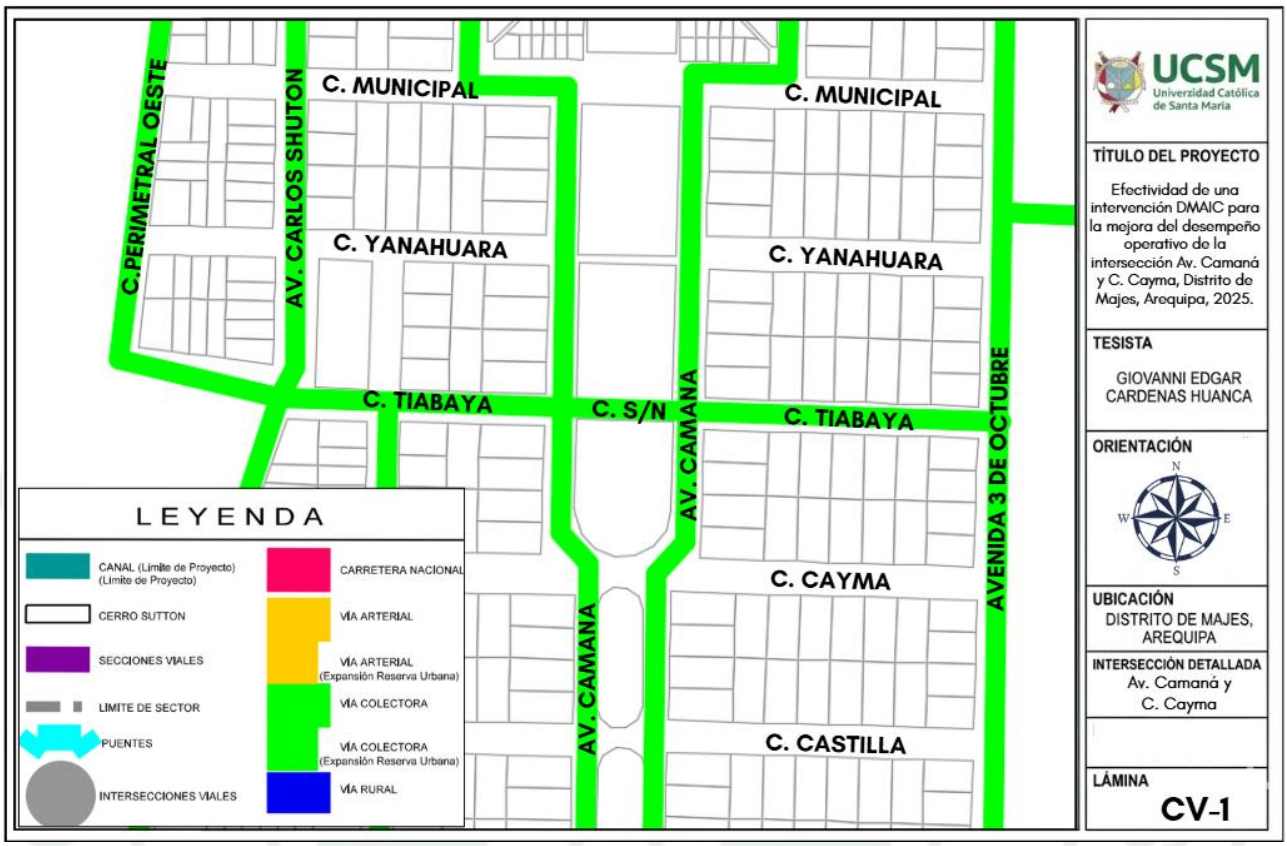


Nota: Lugares concurridos ubicados en la Av. Camaná sentido Sur - Norte. Adaptación propia, captura de Google Maps 2022.

4.1.9 Clasificación vial

Figura 23

Clasificación Vial



Nota. Se muestra la clasificación vial extraido del plan de desarrollo concertado 2021 (Municipalidad Distrital de Majes, 2012)

- Avenida Camaná: de acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano de Majes, forma parte del sistema vial principal distrital y se clasifica como una vía colectora. Se trata de un eje estructurante que atraviesa toda la zona central de El Pedregal, consolidándose como la principal vía de conexión interna y de enlace con corredores de mayor jerarquía. Hacia el norte, se articula con la avenida Arequipa, lo que permite la conexión directa con la carretera Panamericana Sur y a la zona norte y oeste del distrito. Por el este, enlaza con la avenida 3 de octubre la cual cuenta con numerosas vías estratégicas que

conectan con la carretera Panamericana sur, mientras que hacia el sur articulando con la Av. N°1 conecta con la zona sur del distrito y Panamericana sur, garantizando continuidad y fluidez al tránsito vehicular en distintos sentidos. A lo largo de su trazo concentra un elevado nivel de actividades urbanas, con presencia de comercio, instituciones y paraderos de transporte público, lo que genera altos volúmenes de tránsito vehicular y peatonal, convirtiéndola en un eje fundamental para la movilidad urbana del distrito.

- Calle Cayma: por su parte, es reconocida en el Plan de Desarrollo Urbano como una vía principal secundaria, que cumple la función de conectar vías colectoras importantes como la Avenida Camaná, la Avenida 3 de octubre y la Avenida Carlos Shutton, lo que le otorga una importancia funcional en la red vial al permitir recorridos cortos y medianos. El tránsito que soporta esta calle es mayormente de carácter local, con predominio de vehículos menores y unidades de transporte público que utilizan esta vía como ruta de acceso o conexión alterna hacia la avenida principal. Es por ello, que, en este sentido, la calle Cayma es complementaria de la avenida Camaná, al servir como alimentadora de flujos en la zona urbana central.

4.2 Desarrollo DMAIC

4.2.1 DEFINIR

En esta etapa inicial se estableció el marco estratégico de investigación, identificándose la problemática crítica de movilidad en el cruce de la Av. Camaná con la C. Cayma. Lo primero fue delimitar el alcance del proyecto y los indicadores clave de desempeño a evaluar y mejorar, se identificó a los usuarios afectados y se concretó la meta de pasar de un nodo crítico de congestión, a una infraestructura eficiente y segura, en línea con los planes de desarrollo urbano de Majes.

4.2.1.1 Diagrama SIPOC

Para comprender integralmente el funcionamiento operativo de la intersección Av. Camaná y Calle Cayma, se elaboró un diagrama SIPOC que permitió identificar a los proveedores del sistema, las entradas críticas del flujo vehicular, el proceso operacional de cruce, las salidas medibles (CTQs) y los clientes afectados.

Figura 24

Diagrama SIPOC



Nota. Esquema SIPOC, determinando los proveedores, entradas , proceso , salidas y los clientes, Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2 Stakeholder

Se realizo un análisis donde se identifica a los actores que influyen en la operación vehicular de la intersección y aquellos que se ven afectados por su desempeño. Esta clasificación permitió determinar el nivel adecuado de gestión para cada grupo, ubicando a las autoridades locales y al equipo técnico en el cuadrante de mayor influencia, mientras que los usuarios de la vía son considerados actores de alto interés, pero baja capacidad de decisión.

Figura 25

Stakeholder



Nota. Se presenta a los Stakeholder involucrados en el proyecto

4.2.1.3 VOC

A través de un estudio y análisis se pudo clasificar a todos los actores afectados por el desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma. Los usuarios vehiculares demandan una reducción de demoras, menor número de paradas, colas controladas y una operación más segura, mientras que las autoridades municipales requieren un sistema semafórico eficiente sin necesidad de obras físicas adicionales. Los negocios y vecinos exigen una circulación más ordenada que no genere bloqueos en los accesos tal como se presenta en la Figura 26.

Figura 26

Voz de los actores VOC

ACTOR	VOC (VOZ DE LOS ACTORES)
Municipalidad de Majes	* "Necesitamos maximizar el rendimiento de la intersección (ICU) sin invertir en obras civiles costosas." * "Queremos reducir el impacto ambiental y el consumo energético (Combustible) generado por la congestión." * "Se requiere una solución técnica que ordene el flujo sin depender de control policial manual permanente."
Policía de Tránsito	* "Las colas no deben crecer tanto que lleguen a bloquear los cruces transversales (Spillback)." * "Necesitamos reducir el riesgo de choques en los giros a la izquierda (Seguridad en Fases)." * "Mientras más fluido sea el tráfico, menos efectivos necesitamos exponiéndose al sol para dirigir el tránsito."
Conductores particulares	* "El semáforo tarda una eternidad en cambiar (Demora); queremos avanzar más rápido." * "Es muy molesto tener que frenar y arrancar a cada rato (Detenciones); queremos una marcha más continua." * "En hora punta nunca sé cuánto tiempo me va a tomar cruzar (Incertidumbre/Calidad)."
Transporte urbano	* "Cada minuto parado con el motor encendido es dinero que perdemos en gasolina (Eficiencia)." * "Los retrasos en el semáforo nos descuadran los tiempos de toda la ruta y perdemos vueltas." * "Los giros son muy lentos y nos quedamos atrapados detrás de autos pequeños."
Taxis y mototaxis	* "El pasajero se estresa y se queja si el carro no se mueve (Calidad del Servicio)." * "Las colas largas nos impiden dejar o recoger pasajeros cerca del cruce." * "Es peligroso meterse a la fuerza cuando el cruce se bloquea (Riesgo de choque)."
Repartidores	* "Necesitamos agilidad; el tráfico pesado nos hace llegar tarde a las entregas." * "Es difícil maniobrar entre autos detenidos que bloquean todo el carril." * "El tiempo de entrega se duplica injustamente solo por cruzar esta intersección."
Empresarios y transporte logístico	* "La congestión eleva nuestros costos operativos (fletes y combustible)." * "El retraso del personal y la mercadería afecta la productividad de las empresas de la zona." * "Necesitamos previsibilidad en los tiempos de viaje para cumplir con los clientes."
Comerciantes locales	* "La fila de autos detenidos (Cola 95th) bloquea la entrada a mis locales y espanta a los clientes." * "El ruido de los cláxones y el humo de los escapes (Contaminación) molestan a los compradores." * "Necesitamos orden para que los proveedores puedan estacionar y descargar sin trabar todo."
Vecinos inmediatos	* "Ya no soportamos el ruido de los motores y el humo (Emisiones) frente a nuestras casas todo el día." * "Los autos en cola bloquean nuestras cocheras y no podemos salir ni entrar." * "La intersección es un foco de estrés y caos que baja nuestra calidad de vida."

Nota. Se presenta el cuadro VOC de la totalidad de los Stakeholder, Fuente: Elaboración propia.

Estas necesidades fueron traducidas por CTQs tal como se presenta en la siguiente Figura 27.

Figura 27

Agrupación de VOC en CTQs

CTQs	VOC (VOZ DE LOS ACTORES)
MOVILIDAD	* "Demoramos una eternidad en cruzar, el semáforo no ayuda." * "Es un dolor de cabeza frenar y arrancar a cada rato." * "El tiempo de viaje se ha duplicado en hora punta."
EFICIENCIA	* "El tiempo verde dura muy poco, no pasan suficientes autos." * "Estamos quemando combustible por gusto esperando ahí." * "La intersección parece que ya no da para más, está llena."
SEGURIDAD	* "La cola de autos es inmensa, tapa las otras calles." * "Los carros se quedan bloqueando el medio del cruce (trabazón)." * "Es peligroso, todos se meten a la fuerza porque no avanzan."
CALIDAD DEL SERVICIO	* "El servicio es pésimo, le pongo nota desaprobatoria." * "Es muy estresante estar atrapado sin moverse nada." * "Parar tantas veces marea y cansa al pasajero."

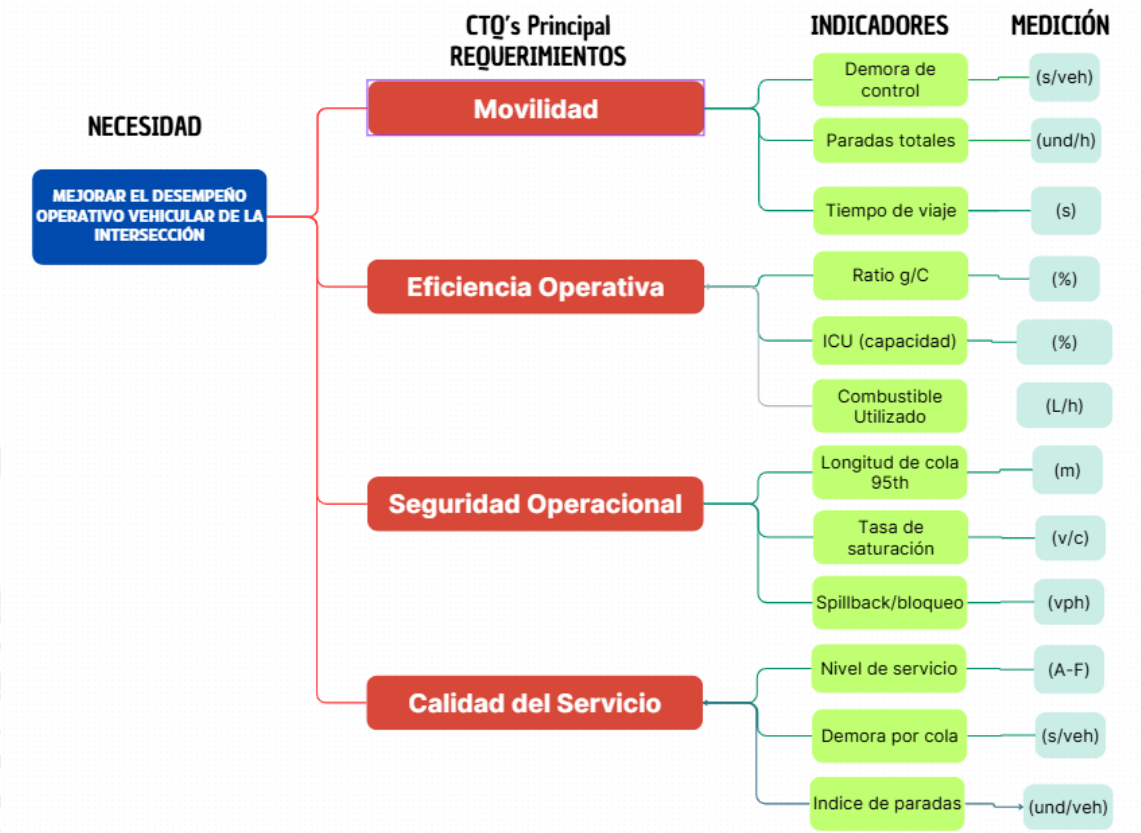
Nota. Se presenta el cuadro VOC transformados en CTQs, Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4 Árbol CTQs

El Árbol CTQs permitió descomponer de manera estructurada la necesidad principal de los usuarios respecto al funcionamiento de la intersección Av. Camaná y C. Cayma. La necesidad identificada mejorar el desempeño operativo vehicular de la intersección fue tomada como el punto de partida para definir los requerimientos críticos que condicionan la percepción de calidad del servicio y la eficiencia de la operación.

Figura 28

Árbol CTQs



Nota. Se presenta el árbol de CTQs con sus respectivos indicadores y unidades, Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, el Árbol CTQs no solo clarifica las expectativas de los usuarios, sino que también orienta la selección de métricas y criterios para la toma de decisiones.

4.2.1.5 Project Charter

Como ultimo entregable de esta fase se elaboró la ficha del proyecto con la finalidad de definir el problema, los objetivos, el alcance y los indicadores críticos del estudio.

Figura 29

Proyect Charter

PROJECT CHARTER

TITULO DEL PROYECTO	Intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

Fecha de inicio del Proyecto	01 de noviembre del año 2025	Fecha de inicio del Proyecto	31 de enero del año 2026

Antecedente del problema

La intersección presenta congestión recurrente y operación vehicular ineficiente. La Municipalidad de Majes no aplica metodologías de mejora continua y actúa de manera reactiva ante el colapso operativo.

Declaración del Problema

La intersección presenta una operación deficiente caracterizada por elevados tiempos de demora, colas que exceden la capacidad de almacenamiento generando bloqueo (Spillback) y un consumo excesivo de combustible. La programación semafórica actual (Tiempo Fijo) es rígida e ineficiente, con repartos de verde (g/C) que no responden a la demanda real, provocando saturación y riesgos.

Objetivo del proyecto

Implementar una intervención basada en la metodología DMAIC para optimizar el desempeño operativo de la intersección

Alcance

Incluye

*Recolección de aforos vehiculares y validación de data.
*Modelamiento y calibración del escenario base en Synchro v12.
*Análisis de causas raíz (Ishikawa) y cuellos de botella.
*Propuesta de optimización de tiempos y fases.
*Evaluación comparativa de escenarios (Antes vs. Después).

Excluye

*Obras físicas de gran envergadura.

Indicadores Críticos

*CTQ 1: **Movilidad**: Reducción de la Demora de Control (s/veh), Minimización de Paradas Totales y Optimización del Tiempo de Viaje.
*CTQ 2: **Eficiencia Operativa:** Mejora del Ratio g/C (Verde efectivo), Maximización del ICU (Uso de capacidad) y Reducción de uso del Combustible (L/h).
*CTQ 3: **Seguridad vial:** Disminución de la Longitud de Cola 95th, Control de la Tasa de Saturación (v/c) y Eliminación del Spillback (Bloqueo).
*CTQ 4 : **Calidad del Servicio**: Mejora del Nivel de Servicio (LOS), Reducción de la Demora por Cola y del Índice de Detenciones por vehículo.

Beneficios Esperados

*Recuperación de la fluidez vehicular (Menor demora).
*Ahorro económico para los usuarios (Menor consumo de combustible).
*Incremento de la seguridad vial (Reducción de bloqueos y colas).
*Mejora en la experiencia de viaje del usuario.

Riesgos del Proyecto

*Inconsistencia en los datos de aforo por estacionalidad atípica.
*Dificultad para calibrar el modelo debido a comportamiento atipico de conductores.
*Limitaciones del software para simular maniobras ilegales de transporte informal.

Actividades

DEFINIR: Identificación del problema, preparación del Project Charter, CTQs, SIPOC, stakeholders y alcance del proyecto.
MEDIR: Recolección y validación de aforos vehiculares; construcción del modelo base en Synchro v12; obtención de indicadores actuales.
ANALIZAR: Identificación de causas raíz, análisis de saturación v/c, evaluación del desempeño actual, validación del modelo y elaboración de Ishikawa.
MEJORAR: Simulación de propuestas en Synchro v12, optimización de tiempos y fases, comparación antes/después y selección de la mejor alternativa.
CONTROLAR: Elaboración del plan de control, recomendaciones operativas y preparación de conclusiones técnicas.

Project Team

Investigador principal:	Cardenas Huanca, Giovanni Edgar
Asesor académico:	Mg. Luz Matilde García Godos Peñaloza

Nota. Ficha del proyecto determinando el problema, los objetivos, el alcance y los indicadores críticos del estudio, Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 MEDIR

La fase de Medición representa el levantamiento de la "Línea Base" operativa mediante la recopilación rigurosa de datos de campo. En esta etapa, se cuantifico el estado actual de la intersección aplicando los aforos vehiculares y la caracterización de la geometría vial. Los datos recolectados, fueron procesados para obtener un reporte actual. Esta fase es crucial, ya que proporciona la evidencia cuantitativa necesaria para poder realizar la mejora en la fase implementar.

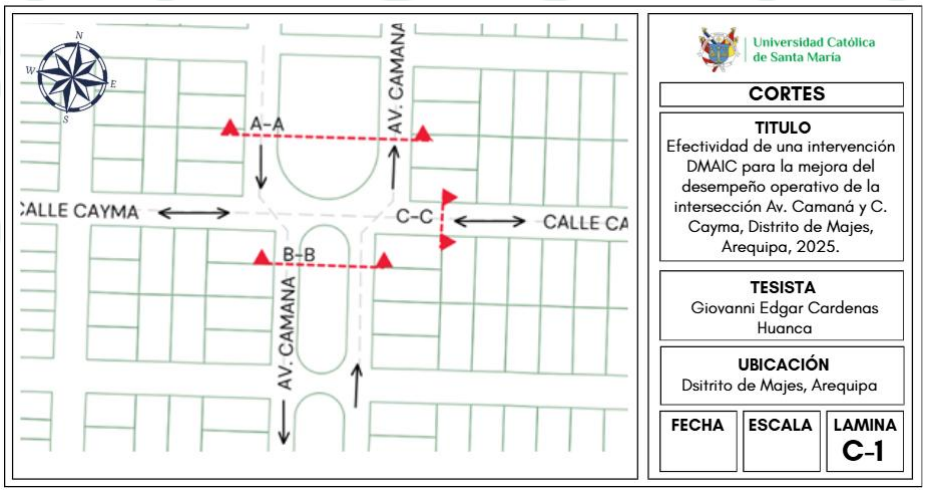
4.2.2.1 Geometría Vial

La intersección vial objeto de análisis presenta una configuración geométrica formada por la intersección de la Avenida Camaná y Calle Cayma en la Figura N°30 se observan las secciones viales que integran la zona de estudio.

- CORTE A-A: Av. Camaná (al norte del cruce con C. Cayma)
- CORTE B-B: Av. Camaná (al sur del cruce con C. Cayma)
- CORTE C-C: Calle Cayma

Figura 30

Secciones de corte de la Av. Camaná y C. Cayma



Nota. Señalando los cortes los cuales servirán como base para la Fuente: Elaboración del modelo de simulación, Fuente: Elaboración propia

Se levantaron en campo las dimensiones de los diferentes elementos que componen la geometría vial como se puede apreciar en la figura N°31 y 32

Figura 31

Levantamiento de dimensiones C. Cayma



Nota. Se muestra la toma de medidas realizadas en la sección de la calle cayma, Fuente propia.

Figura 32

Levantamiento de dimensiones de la Av. Camaná



Nota. Se muestra la toma de medidas realizadas en la sección de la Av. Camaná, Fuente propia.

4.2.2.1.1 Dimensiones geométricas Av. Camaná (al norte del cruce con C. Cayma)

Tabla 6

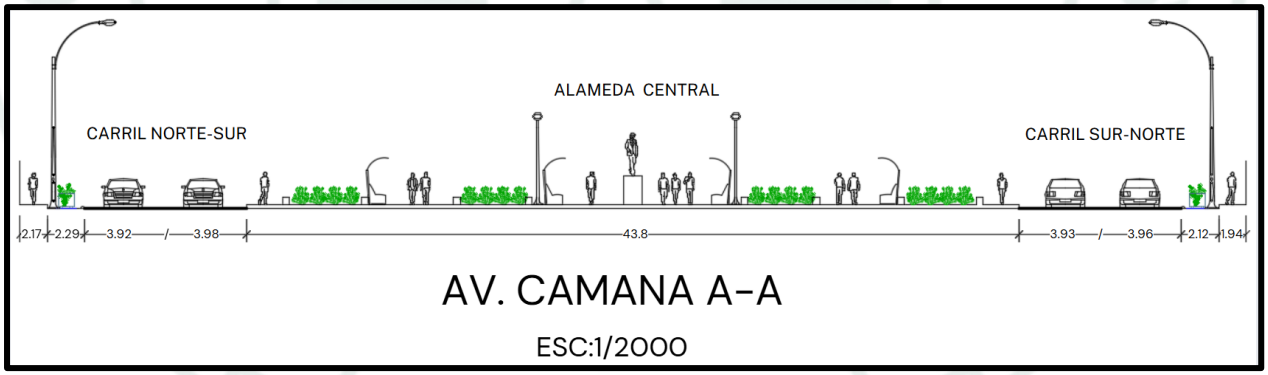
Dimensiones de la Av. Camaná al Norte

Dimensiones	Av. Camaná			
	BAJADA		SUBIDA	
	(oeste)	(este)	(oeste)	(este)
# de Carriles	1	1	1	1
dimensión de carril	3.92	3.98	3.93	3.96
Calzada	7.9		7.89	
Alameda central	43.8			
Berma	2.29	-	-	2.12
Vereda	2.17	-	-	1.94

Nota. Tabla indicando características geométricas de la Av. Camaná (al norte del cruce con C. Cayma), Fuente: Elaboración propia.

Figura 33

Sección A-A



Nota. Se ilustra la sección de vía corte A-A de la Av. Camaná (al norte del cruce con C. Cayma), Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.1.2 Dimensiones geométricas Av. Camaná (al sur del cruce con C. Cayma)

Tabla 7

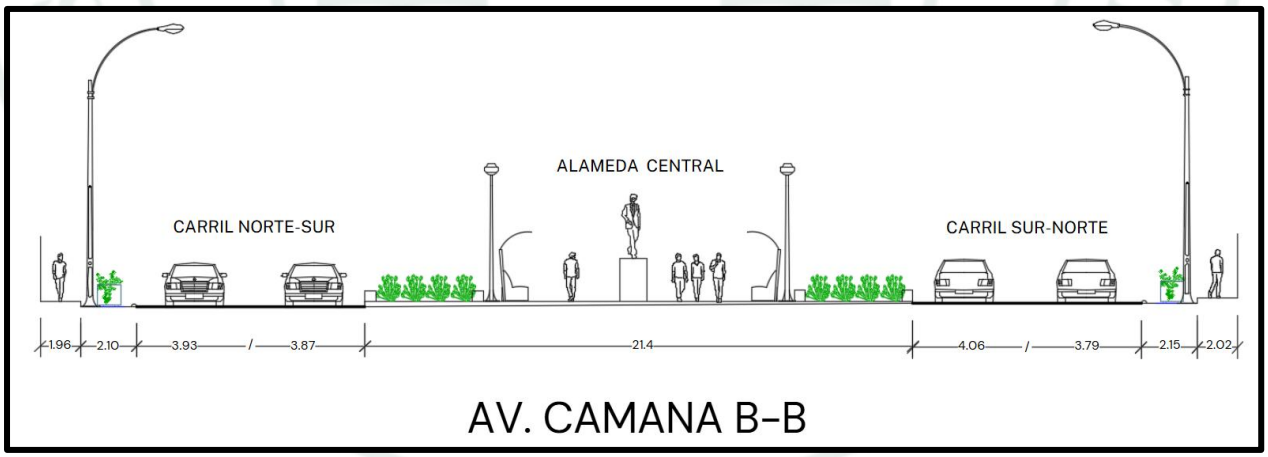
Dimensiones de la Av. Camaná al Sur

Dimensiones	Av. Camaná			
	BAJADA		SUBIDA	
	(oeste)	(este)	(oeste)	(este)
# de Carriles	1	1	1	1
dimensión de carril	3.9	3.86	4.06	3.79
Calzada	7.76		7.85	
Alameda central	21.4			
Berma	2.1	-	-	2.03
Vereda	1.96	-	-	1.78

Nota. Tabla indicando características geométricas de la Av. Camaná (al norte del cruce con C. Cayma), Fuente: Elaboración propia.

Figura 34

Sección B-B



Nota. Se ilustra la sección de vía corte B-B de la Av. Camaná (al sur del cruce con C. Cayma), Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.1.3 Dimensiones geométricas Calle Cayma

Tabla 8

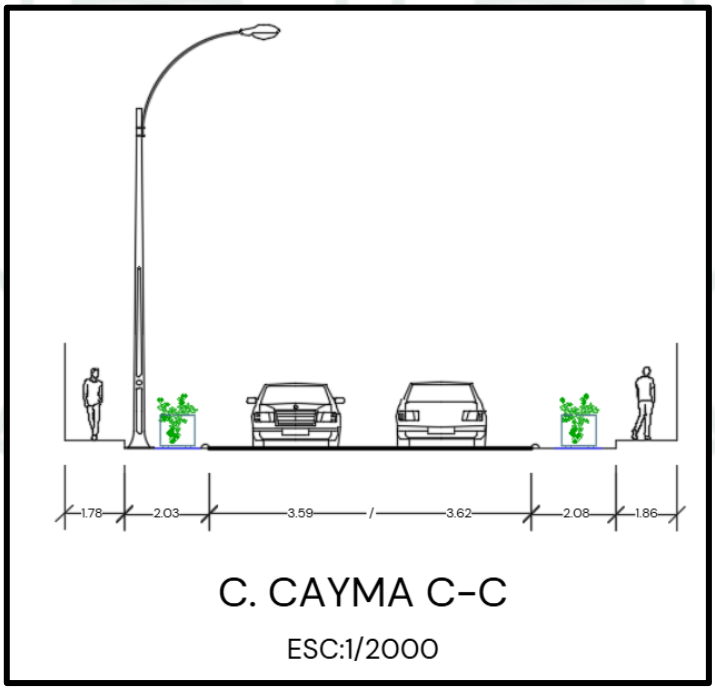
Dimensiones de la C. Cayma

Dimensiones	Ca. Cayma	
	(norte)	(sur)
# de Carriles	1	1
Dimensión de carril	3.62	3.59
Calzada	7.21	
Alameda central	-	
Bermas	2.08	2.03
Veredas	1.86	1.78

Nota. Tabla indicando características geométricas de la Calle Cayma, Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Sección C-C



Nota. Se ilustra la sección de vía corte C-C de la C. Cayma, Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2 Semáforos.

En el área señalizada se cuenta con semáforos en la intersección de la Av. Camaná y Calle Cayma, contando con semáforos solamente para vehículos en ambas direcciones, captando sus ciclos en horas punta de máxima demanda.

Tabla 9

Registro de tiempos de fases semafóricas

Av. Camaná (sur a norte)	**73s**	**3s**	**25s**
Av. Camaná (norte a sur)	**73s**	**3s**	**25s**
Calle Cayma (este a oeste)	**74s**	**3s**	**24s**
Calle Cayma (oeste a este)	**74s**	**3s**	**24s**

Nota. Tabla indicando la duración de las fases semafóricas registradas en el área de estudio, Fuente: Elaboración propia.

Figura 36

Semáforos identificados en la zona de estudio



Nota. Se muestra los semaforos identificados en la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma, Fuente propia.

Figura 37

Toma de tiempos de fases semafóricas



Nota. Se muestra la toma y medicion de las fases y ciclos semaforicos en la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma, Fuente propia.

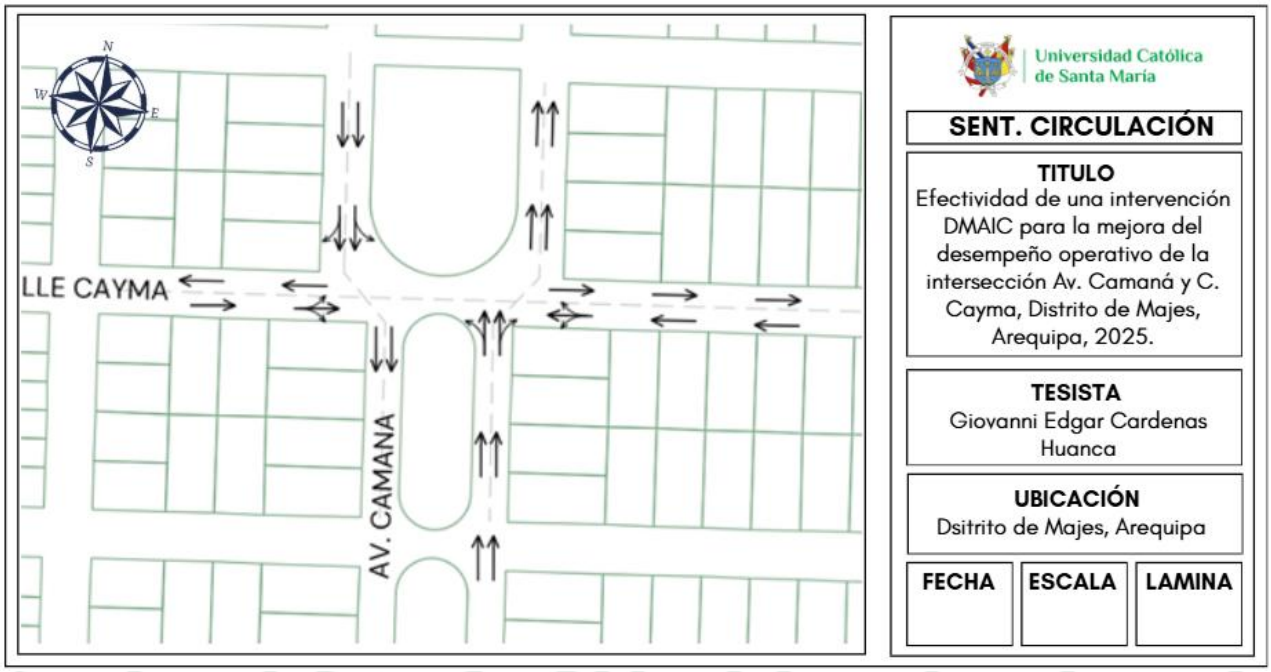
4.2.2.3 Circulación

La normativa técnica peruana, a través del Reglamento Nacional de Tránsito, define la circulación vial como el movimiento ordenado de usuarios en la vía pública. El área de estudio resulta un componente crítico para la circulación, ya que funciona como el eje articulador del centro principal del distrito con los centros poblados al norte y sur soportando una demanda poblacional muy alta.

Por dicha importancia estratégica que representa, es imperiosa su óptima operatividad a través de acciones de mantenimiento y optimización. La Figura Nº38 ilustra los sentidos de circulación para analizar la configuración actual del flujo vehicular. Esta visualización sirve como punto de partida para diagnosticar los puntos críticos y proponer mejoras que permitan incrementar la seguridad y eficiencia del tránsito.

Figura 38

Sentidos de circulación por acceso



Nota. Se ilustra los sentidos de circulación por acceso de la intersección, Fuente: Elaboración propia.

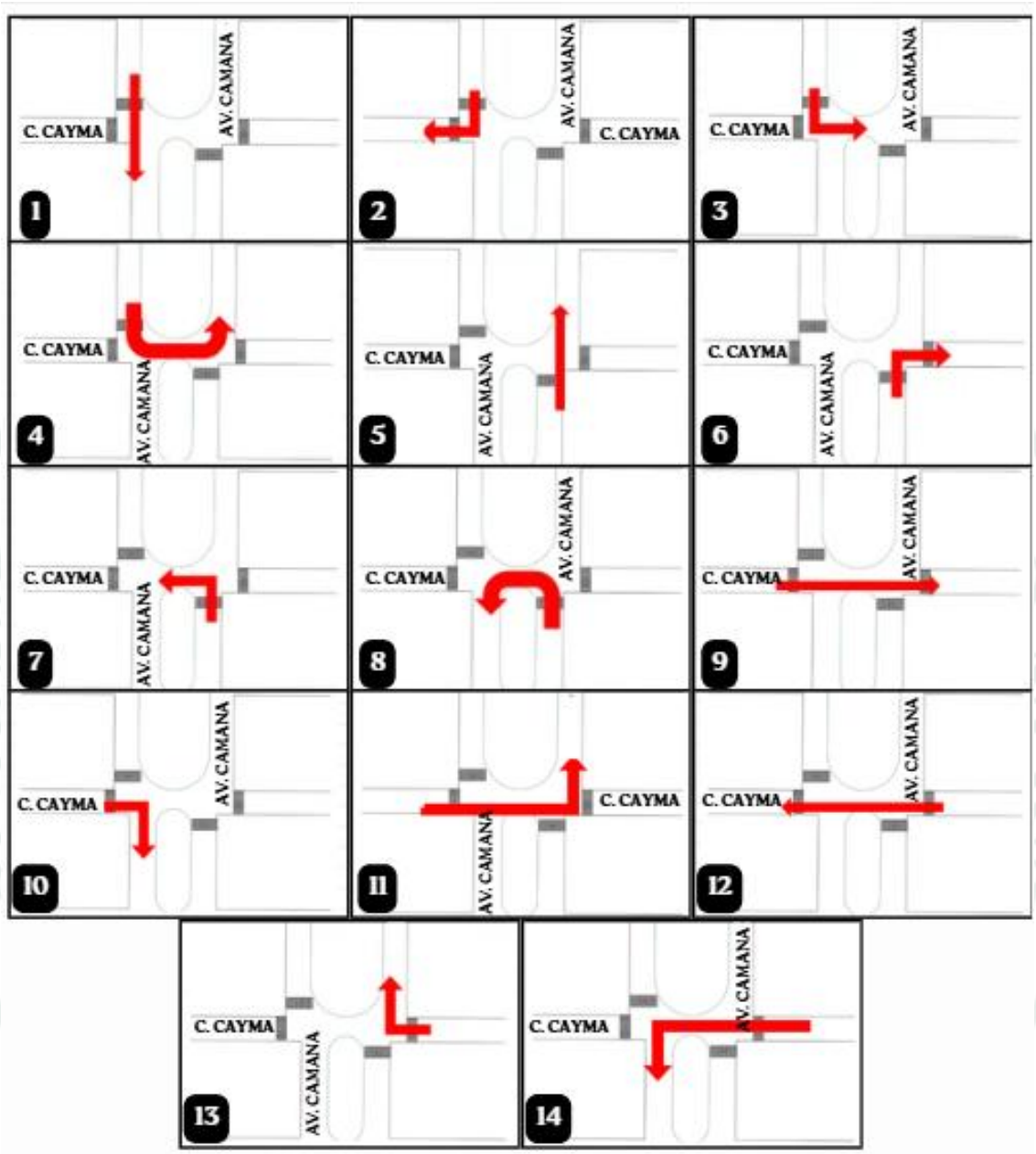
4.2.2.4 Tránsito Vehicular

4.2.2.4.1 Codificación de maniobras y accesos

Para el análisis operativo de la intersección se identificaron y clasificaron catorce maniobras vehiculares, las cuales representan todos los movimientos posibles entre los accesos principales de la Av. Camaná y la Calle Cayma.

Figura 39

Codificación de maniobras

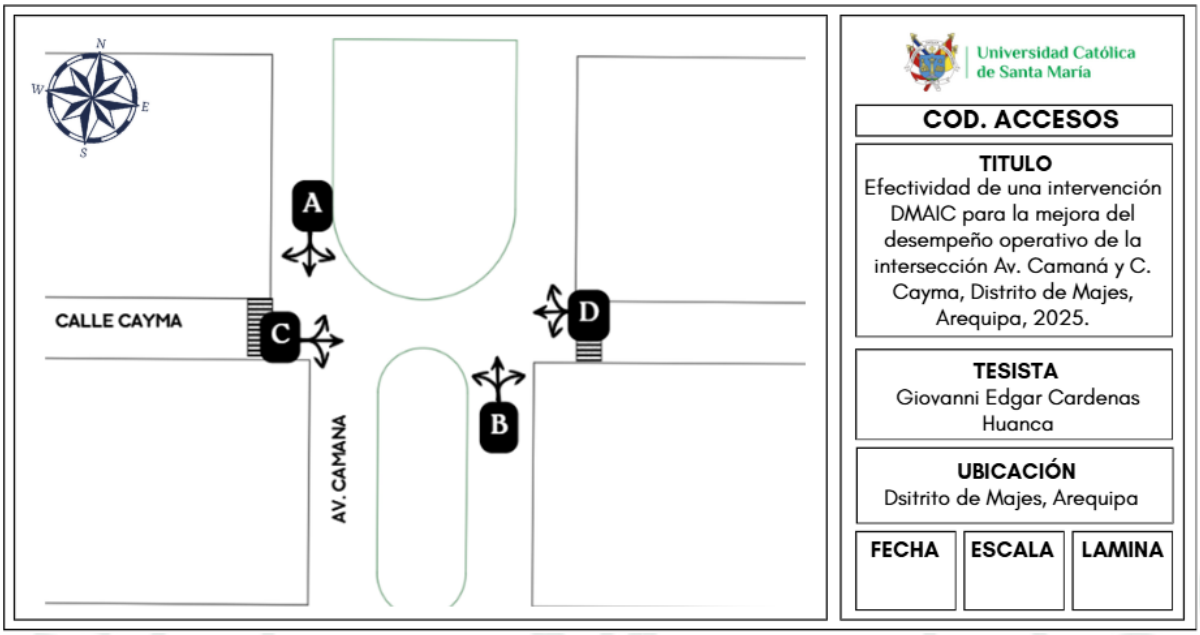


Nota. Se muestra la codificación propuesta para las maniobras analizadas en la intersección,

Fuente: Elaboración propia.

Figura 40

Codificación de accesos



Nota. Se muestra la codificación propuesta para los accesos analizados en la intersección, Fuente: Elaboración propia.

Cada maniobra fue organizada según su Entrada o vía de acceso de origen (A, B, C, D), se organizaron según la siguiente imagen.

Figura 41

Consolidado de codificación de maniobras y accesos

Entrada	Código	Calle	desde	hacia
A	1	Av. Camaná Norte a Sur	Norte	Sur
	2	Av. Camaná Norte a Sur	Norte	Oeste
	3	Av. Camaná Norte a Sur	Norte	Este
	4	Av. Camaná Norte a Sur	Norte	Norte
B	5	Av. Camaná Sur a Norte	Sur	Norte
	6	Av. Camaná Sur a Norte	Sur	Este
	7	Av. Camaná Sur a Norte	Sur	Oeste
	8	Av. Camaná Sur a Norte	Sur	Sur
C	9	C. Cayma Oeste a Este	Oeste	Este
	10	C. Cayma Oeste a Este	Oeste	Sur
	11	C. Cayma Oeste a Este	Oeste	Norte
D	12	C. Cayma Este a Oeste	Este	Oeste
	13	C. Cayma Este a Oeste	Este	Norte
	14	C. Cayma Este a Oeste	Este	Sur

Nota. Se muestra el consolidado de codificacion para las maniobras y accesos en la intersección, Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4.2 Volumen Vehicular

Se observó en el área de estudio la presencia de una cámara estratégica que cubría todos los accesos tal como se puede observar en la figura 42.

Figura 42

Cámara de seguridad identificada en el área de estudio



Nota. Se muestra la camara identificada estrategicamente en el area de estudio, Fuente propia.

Se realizó una visita al área de cámaras de la Municipalidad de Majes, quienes accedieron y proporcionaron videos de dicha Cámara para poder tener registro fílmico complementario del flujo vehicular.

Figura 43

Visita de central de monitoreo



Nota. Se muestra la visita a la central y la identificación de la intersección , Fuente propia.

El conteo vehicular se realizó durante 7 días por 24 horas continuas, y se recolectaron según código de maniobra. El resumen diario se presenta a continuación:

Figura 44

Toma de aforos vehiculares



Nota. Se muestra la toma de aforos vehiculares, Fuente propia.

Para el lunes 10 de noviembre 2025, se tuvo el siguiente aforo total

Figura 45

Aforo Vehicular día 10-11-2025

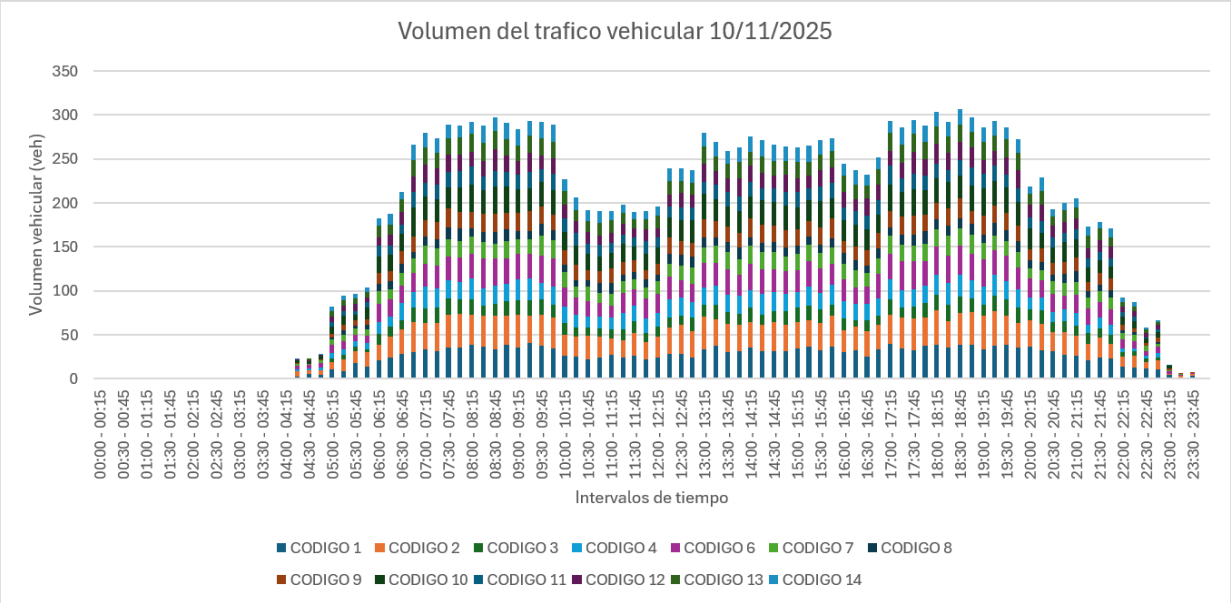
PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4	CODIGO 5	CODIGO 6	CODIGO 7
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	1	0	0	0	1	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	1	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	1	1	0	0	1	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	16	15	0	7	15	13	6
	6	5:00 AM	6:00 AM	52	51	18	26	62	34	27
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	103	105	50	63	118	80	58
	8	7:00 AM	8:00 AM	138	137	67	88	162	107	78
	9	8:00 AM	9:00 AM	149	140	57	85	159	122	76
	10	9:00 AM	10:00 AM	150	138	64	89	163	120	78
	11	10:00 AM	11:00 AM	97	98	42	60	108	74	58
	12	11:00 AM	12:00 PM	99	85	46	67	100	77	51
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	104	117	50	74	119	88	65
	14	1:00 PM	2:00 PM	134	129	55	83	146	106	73
	15	2:00 PM	3:00 PM	132	121	55	86	140	109	75
	16	3:00 PM	4:00 PM	142	126	59	82	150	106	71
	17	4:00 PM	5:00 PM	122	107	46	74	131	92	71
	18	5:00 PM	6:00 PM	146	136	57	83	157	122	77
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	153	142	70	92	162	126	85
	20	7:00 PM	8:00 PM	147	138	65	86	161	113	70
	21	8:00 PM	9:00 PM	129	107	52	52	119	78	52
	22	9:00 PM	10:00 PM	94	82	43	50	95	73	54
	23	10:00 PM	11:00 PM	50	41	17	17	46	32	23
	24	11:00 PM	12:00 AM	10	7	0	0	11	5	2

PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 8	CODIGO 9	CODIGO 10	CODIGO 11	CODIGO 12	CODIGO 13	CODIGO 14
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	2	10	0	3	2	2
	6	5:00 AM	6:00 AM	15	25	37	21	26	24	22
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	35	55	91	50	55	57	47
	8	7:00 AM	8:00 AM	49	78	105	68	78	76	62
	9	8:00 AM	9:00 AM	46	80	119	68	79	80	67
	10	9:00 AM	10:00 AM	42	82	109	66	72	75	73
	11	10:00 AM	11:00 AM	34	59	77	55	53	55	54
	12	11:00 AM	12:00 PM	36	57	71	48	46	48	39
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	42	64	89	54	53	59	52
	14	1:00 PM	2:00 PM	47	72	102	64	72	72	62
	15	2:00 PM	3:00 PM	43	79	108	63	68	68	70
	16	3:00 PM	4:00 PM	39	78	102	66	65	72	65
	17	4:00 PM	5:00 PM	43	64	93	63	67	68	56
	18	5:00 PM	6:00 PM	47	81	115	70	79	81	67
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	45	77	113	68	85	77	67
	20	7:00 PM	8:00 PM	48	79	115	63	73	78	63
	21	8:00 PM	9:00 PM	35	55	82	48	58	53	40
	22	9:00 PM	10:00 PM	35	51	67	39	51	51	37
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	18	30	14	22	18	14
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	4	3	1	0	0	0

Nota. Se muestra el consolidado del aforo vehicular tomado el día 10-11-2025, Fuente: Elaboración propia

Figura 46

Gráfico de barras volumen vehicular 10-11-2025



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular del día 10-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

Del cual se registró un volumen de 18841 vehículos, además se pudo estimar que la hora de máxima demanda es por la noche, específicamente de 5:45 a 6:45 pm con un total de 1354 veh/h

Para el Martes 11 de noviembre 2025, se tuvo el siguiente aforo total

Figura 47

Aforo Vehicular día 11-11-2025

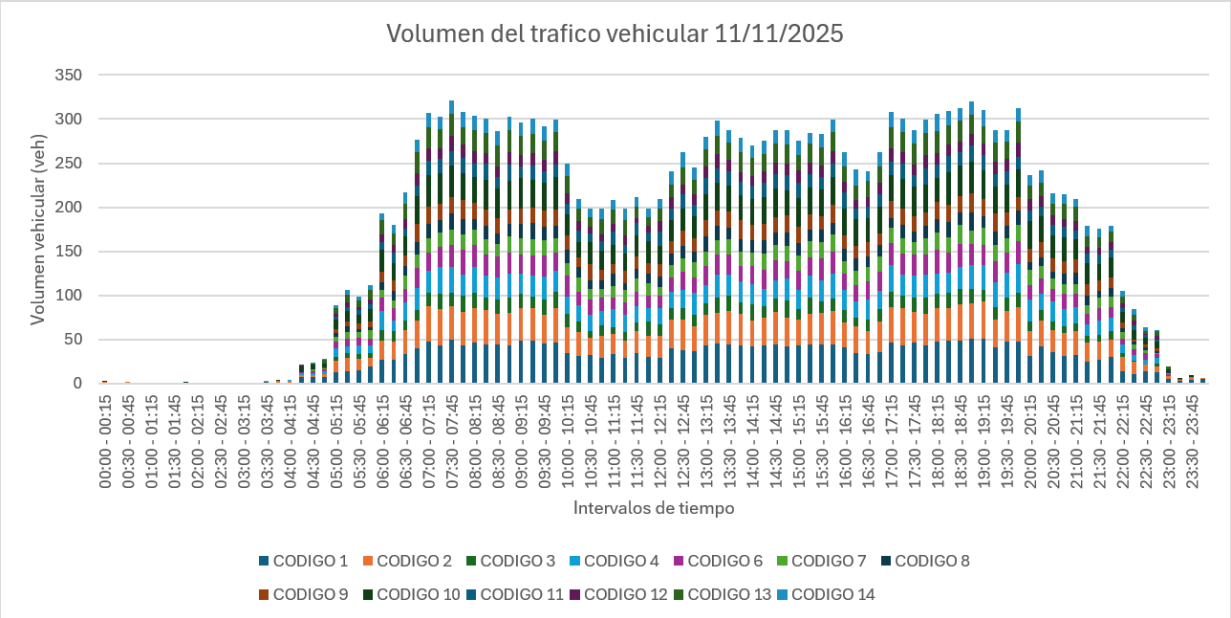
PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4	CODIGO 5	CODIGO 6	CODIGO 7
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	2	3	0	0	1	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	3	0	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	2	0	0	0	2	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	3	4	0	0	2	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	21	13	0	8	25	5	3
	6	5:00 AM	6:00 AM	61	51	20	36	46	34	28
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	127	102	45	79	121	68	47
	8	7:00 AM	8:00 AM	183	158	67	108	165	96	68
	9	8:00 AM	9:00 AM	177	151	66	105	173	96	69
	10	9:00 AM	10:00 AM	189	147	64	96	170	89	72
	11	10:00 AM	11:00 AM	127	101	47	73	129	70	53
	12	11:00 AM	12:00 PM	126	93	42	74	107	58	56
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	144	120	52	82	126	69	56
	14	1:00 PM	2:00 PM	175	144	62	95	148	82	69
	15	2:00 PM	3:00 PM	171	131	66	88	157	85	68
	16	3:00 PM	4:00 PM	175	139	56	100	153	93	73
	17	4:00 PM	5:00 PM	145	119	50	85	145	81	63
	18	5:00 PM	6:00 PM	178	154	66	106	174	94	69
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	197	154	68	98	170	99	75
	20	7:00 PM	8:00 PM	188	147	59	117	171	95	73
	21	8:00 PM	9:00 PM	140	108	40	86	118	66	54
	22	9:00 PM	10:00 PM	114	89	33	64	119	53	45
	23	10:00 PM	11:00 PM	52	43	11	26	44	25	18
	24	11:00 PM	12:00 AM	17	7	0	0	8	3	2

PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 8	CODIGO 9	CODIGO 10	CODIGO 11	CODIGO 12	CODIGO 13	CODIGO 14
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	1	15	0	1	6	2
	6	5:00 AM	6:00 AM	18	22	47	19	17	33	20
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	46	56	99	40	42	71	45
	8	7:00 AM	8:00 AM	66	78	137	67	58	91	62
	9	8:00 AM	9:00 AM	52	71	129	64	54	95	64
	10	9:00 AM	10:00 AM	63	72	134	56	56	87	62
	11	10:00 AM	11:00 AM	47	57	89	46	37	62	46
	12	11:00 AM	12:00 PM	45	51	89	48	34	56	44
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	51	62	93	59	48	64	58
	14	1:00 PM	2:00 PM	60	74	121	65	53	82	62
	15	2:00 PM	3:00 PM	59	73	119	67	50	82	62
	16	3:00 PM	4:00 PM	55	72	123	64	54	80	58
	17	4:00 PM	5:00 PM	53	58	120	57	46	69	63
	18	5:00 PM	6:00 PM	52	70	129	64	54	96	64
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	66	81	134	67	51	92	66
	20	7:00 PM	8:00 PM	58	71	126	61	57	85	61
	21	8:00 PM	9:00 PM	39	62	113	47	45	61	49
	22	9:00 PM	10:00 PM	41	52	88	40	34	53	37
	23	10:00 PM	11:00 PM	14	14	38	16	15	23	18
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	7	0	0	3	0

Nota. Se muestra el consolidado del aforo vehicular tomado el día 10-11-2025, Fuente: Elaboración propia

Figura 48

Gráfico de barras volumen vehicular 11-11-2025



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular del día 11-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

Del cual se registró un volumen de 20157 vehículos, además se pudo estimar que la hora de máxima demanda es por la mañana, específicamente de 6:15 a 7:15 am con un total de 1420 veh/h.

Para el Miércoles 12 de noviembre 2025, se tuvo el siguiente aforo total

Figura 49

Aforo Vehicular día 12-11-2025

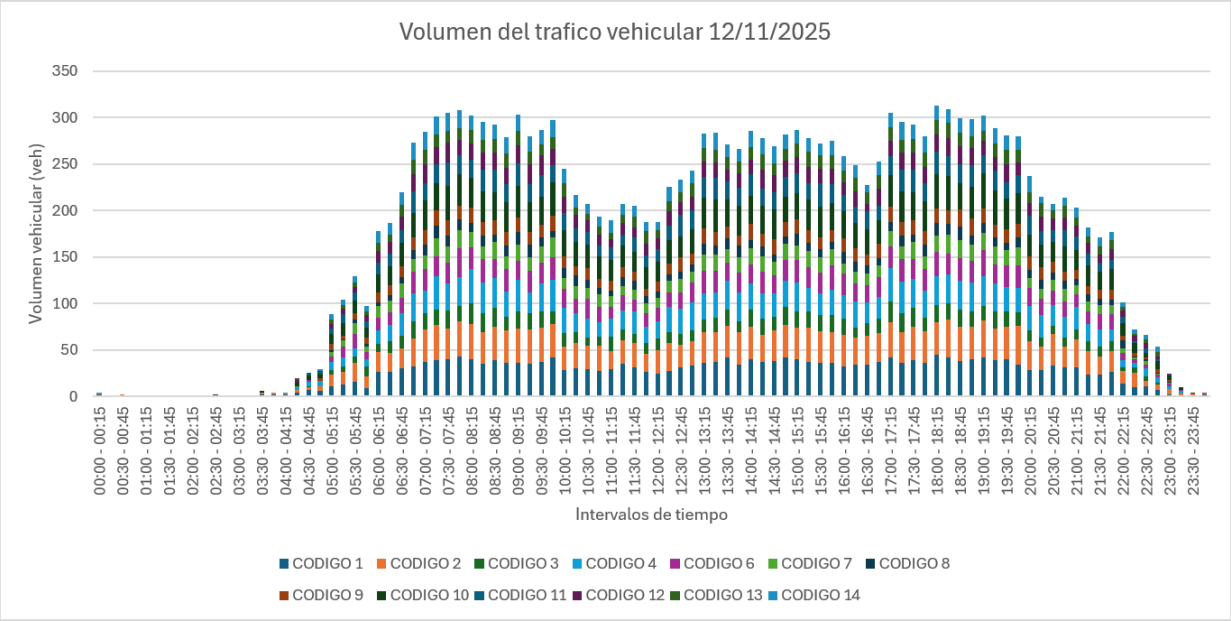
PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4	CODIGO 5	CODIGO 6	CODIGO 7
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	3	2	0	1	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	1	2	0	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	4	4	0	0	0	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	19	12	1	15	14	2	1
	6	5:00 AM	6:00 AM	49	57	29	36	38	40	29
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	114	95	52	87	110	67	54
	8	7:00 AM	8:00 AM	159	144	68	121	138	99	71
	9	8:00 AM	9:00 AM	150	143	77	129	135	94	62
	10	9:00 AM	10:00 AM	150	147	65	121	138	92	70
	11	10:00 AM	11:00 AM	114	104	46	84	100	74	51
	12	11:00 AM	12:00 PM	121	91	48	82	79	56	44
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	115	106	48	103	109	69	49
	14	1:00 PM	2:00 PM	149	134	59	117	135	88	67
	15	2:00 PM	3:00 PM	157	132	70	108	131	86	66
	16	3:00 PM	4:00 PM	149	138	69	109	118	95	66
	17	4:00 PM	5:00 PM	137	125	59	98	108	82	49
	18	5:00 PM	6:00 PM	153	141	77	130	133	93	62
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	165	148	69	124	136	98	74
	20	7:00 PM	8:00 PM	155	151	63	116	137	96	73
	21	8:00 PM	9:00 PM	120	112	41	95	104	70	46
	22	9:00 PM	10:00 PM	103	99	41	75	80	59	41
	23	10:00 PM	11:00 PM	42	40	16	27	43	19	12
	24	11:00 PM	12:00 AM	6	11	0	6	7	5	1

PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 8	CODIGO 9	CODIGO 10	CODIGO 11	CODIGO 12	CODIGO 13	CODIGO 14
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	2	0	0	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	2	13	4	4	2	2
	6	5:00 AM	6:00 AM	10	23	50	31	23	17	24
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	26	48	90	65	56	46	58
	8	7:00 AM	8:00 AM	48	63	132	85	77	55	77
	9	8:00 AM	9:00 AM	41	61	128	86	71	59	67
	10	9:00 AM	10:00 AM	44	59	132	86	79	54	68
	11	10:00 AM	11:00 AM	37	45	104	58	56	38	51
	12	11:00 AM	12:00 PM	32	39	90	53	46	40	47
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	30	50	95	72	56	45	51
	14	1:00 PM	2:00 PM	44	56	129	83	63	53	62
	15	2:00 PM	3:00 PM	35	64	119	81	73	54	70
	16	3:00 PM	4:00 PM	38	55	124	83	68	59	59
	17	4:00 PM	5:00 PM	40	56	109	70	56	55	51
	18	5:00 PM	6:00 PM	42	61	130	86	71	59	67
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	51	65	136	90	76	59	64
	20	7:00 PM	8:00 PM	40	59	141	76	64	54	64
	21	8:00 PM	9:00 PM	34	51	95	66	54	49	40
	22	9:00 PM	10:00 PM	27	40	84	48	43	33	40
	23	10:00 PM	11:00 PM	12	15	38	16	20	15	20
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	2	8	1	1	0	0

Nota. Se muestra el consolidado del aforo vehicular tomado el día 12-11-2025, Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Gráfico de barras volumen vehicular 12-11-2025



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular del día 12-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

Del cual se registró un volumen de 19242 vehículos, además se pudo estimar que la hora de máxima demanda es por la tarde, específicamente de 6:00 a 7:00 pm con un total de 1355 veh/h.

Para el Jueves 13 de noviembre 2025, se tuvo el siguiente aforo total

Figura 51

Aforo Vehicular día 13-11-2025

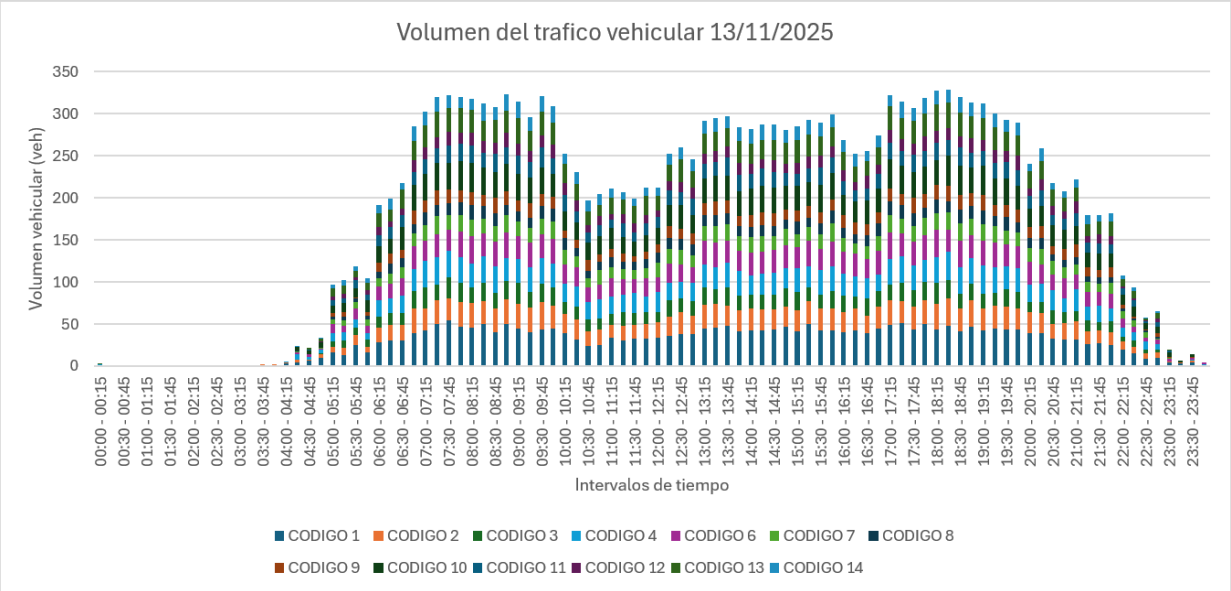
PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4	CODIGO 5	CODIGO 6	CODIGO 7
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	1	0	0	1	3	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	2	0	0	0	2	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	2	0	0	0	2	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	1	3	0	0	1	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	23	9	3	14	20	7	2
	6	5:00 AM	6:00 AM	70	35	31	37	46	42	25
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	127	85	62	84	99	81	50
	8	7:00 AM	8:00 AM	193	111	92	124	162	108	78
	9	8:00 AM	9:00 AM	186	113	82	119	154	120	76
	10	9:00 AM	10:00 AM	174	118	86	116	144	116	73
	11	10:00 AM	11:00 AM	119	83	57	89	117	80	59
	12	11:00 AM	12:00 PM	130	66	57	85	116	76	49
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	146	89	64	87	114	80	66
	14	1:00 PM	2:00 PM	180	105	78	112	150	107	74
	15	2:00 PM	3:00 PM	175	98	74	98	146	108	72
	16	3:00 PM	4:00 PM	175	104	77	112	145	109	72
	17	4:00 PM	5:00 PM	166	97	74	93	119	104	62
	18	5:00 PM	6:00 PM	193	111	82	118	149	117	76
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	180	121	84	127	156	117	81
	20	7:00 PM	8:00 PM	174	106	72	121	158	110	72
	21	8:00 PM	9:00 PM	143	85	54	84	120	92	64
	22	9:00 PM	10:00 PM	110	66	48	79	99	68	47
	23	10:00 PM	11:00 PM	54	29	20	38	41	28	23
	24	11:00 PM	12:00 AM	11	5	0	3	9	8	1

PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 8	CODIGO 9	CODIGO 10	CODIGO 11	CODIGO 12	CODIGO 13	CODIGO 14
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	1	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	15	2	1	6	2
	6	5:00 AM	6:00 AM	18	15	44	29	19	35	22
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	42	49	93	59	37	77	47
	8	7:00 AM	8:00 AM	58	61	131	75	58	114	62
	9	8:00 AM	9:00 AM	59	64	131	78	59	107	67
	10	9:00 AM	10:00 AM	54	60	120	83	57	110	73
	11	10:00 AM	11:00 AM	42	41	87	58	46	71	54
	12	11:00 AM	12:00 PM	41	36	81	52	38	79	39
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	51	49	94	66	44	83	52
	14	1:00 PM	2:00 PM	52	57	118	76	53	94	62
	15	2:00 PM	3:00 PM	49	57	120	74	47	95	70
	16	3:00 PM	4:00 PM	54	53	123	69	54	99	65
	17	4:00 PM	5:00 PM	51	55	105	61	49	79	56
	18	5:00 PM	6:00 PM	60	64	131	77	59	108	67
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	60	69	130	80	58	116	67
	20	7:00 PM	8:00 PM	56	61	126	76	58	100	63
	21	8:00 PM	9:00 PM	41	50	94	59	41	79	40
	22	9:00 PM	10:00 PM	30	47	75	50	43	62	37
	23	10:00 PM	11:00 PM	10	12	40	21	11	25	14
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	2	10	2	0	2	0

Nota. Se muestra el consolidado del aforo vehicular tomado el día 13-11-2025, Fuente: Elaboración propia

Figura 52

Gráfico de barras volumen vehicular 13-11-2025



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular del día 13-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

Del cual se registró un volumen de 19504 vehículos, además se pudo estimar que la hora de máxima demanda es por la mañana, específicamente de 7:15 a 8:15 am con un total de 1388 veh/h.

Para el Viernes 14 de noviembre 2025, se tuvo el siguiente aforo total

Figura 53

Aforo Vehicular día 14-11-2025

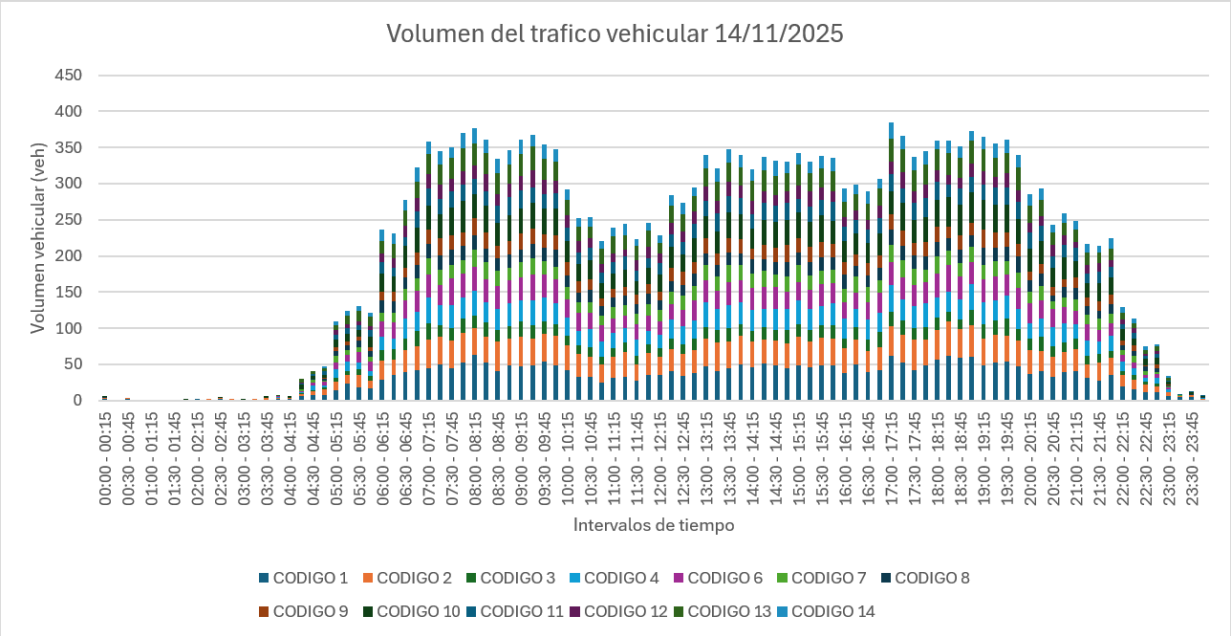
PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4	CODIGO 5	CODIGO 6	CODIGO 7
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	4	3	0	1	1	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	1	2	0	0	2	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	6	3	0	0	1	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	5	5	0	1	4	2	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	23	18	4	13	21	10	8
	6	5:00 AM	6:00 AM	72	54	24	40	58	46	31
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	145	112	66	88	145	96	60
	8	7:00 AM	8:00 AM	191	157	76	125	193	129	81
	9	8:00 AM	9:00 AM	206	148	71	124	182	127	85
	10	9:00 AM	10:00 AM	198	156	74	125	201	132	81
	11	10:00 AM	11:00 AM	133	118	51	89	130	96	60
	12	11:00 AM	12:00 PM	129	115	48	82	129	81	59
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	148	118	55	96	134	89	73
	14	1:00 PM	2:00 PM	182	155	67	127	177	117	86
	15	2:00 PM	3:00 PM	189	138	64	113	171	117	80
	16	3:00 PM	4:00 PM	191	152	68	118	188	111	82
	17	4:00 PM	5:00 PM	169	130	67	107	147	97	78
	18	5:00 PM	6:00 PM	205	157	74	128	179	122	86
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	239	172	64	119	214	131	84
	20	7:00 PM	8:00 PM	202	147	79	118	172	123	82
	21	8:00 PM	9:00 PM	150	116	62	101	139	98	62
	22	9:00 PM	10:00 PM	136	97	47	78	121	76	58
	23	10:00 PM	11:00 PM	58	49	18	36	52	27	24
	24	11:00 PM	12:00 AM	17	10	0	5	12	4	2

PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 8	CODIGO 9	CODIGO 10	CODIGO 11	CODIGO 12	CODIGO 13	CODIGO 14
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	1	0	1	0	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	3	0	0	1	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	4	2	16	9	2	12	2
	6	5:00 AM	6:00 AM	29	21	44	31	24	46	23
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	66	56	111	62	61	81	65
	8	7:00 AM	8:00 AM	82	81	148	90	76	116	71
	9	8:00 AM	9:00 AM	77	81	138	90	76	116	79
	10	9:00 AM	10:00 AM	78	83	143	89	79	120	72
	11	10:00 AM	11:00 AM	58	60	101	66	57	78	51
	12	11:00 AM	12:00 PM	54	51	86	63	51	86	47
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	60	66	109	70	61	82	53
	14	1:00 PM	2:00 PM	66	76	131	91	73	103	73
	15	2:00 PM	3:00 PM	73	77	134	89	66	109	70
	16	3:00 PM	4:00 PM	71	79	140	88	71	108	66
	17	4:00 PM	5:00 PM	69	68	115	78	58	89	62
	18	5:00 PM	6:00 PM	79	79	137	92	76	118	79
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	70	76	162	87	63	118	59
	20	7:00 PM	8:00 PM	82	85	152	92	69	116	74
	21	8:00 PM	9:00 PM	55	48	119	77	56	81	55
	22	9:00 PM	10:00 PM	51	52	93	61	41	67	47
	23	10:00 PM	11:00 PM	25	21	44	23	20	28	22
	24	11:00 PM	12:00 AM	4	1	9	5	0	4	2

Nota. Se muestra el consolidado del aforo vehicular tomado el día 14-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

Figura 54

Gráfico de barras volumen vehicular 14-11-2025



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular del día 14-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

Del cual se registró un volumen de 23749 vehículos, además se pudo estimar que la hora de máxima demanda es por la noche, específicamente de 6:00 a 7:00 pm con un total de 1658 veh/h.

Para el Sábado 15 de noviembre 2025, se tuvo el siguiente aforo total

Figura 55

Aforo Vehicular día 15-11-2025

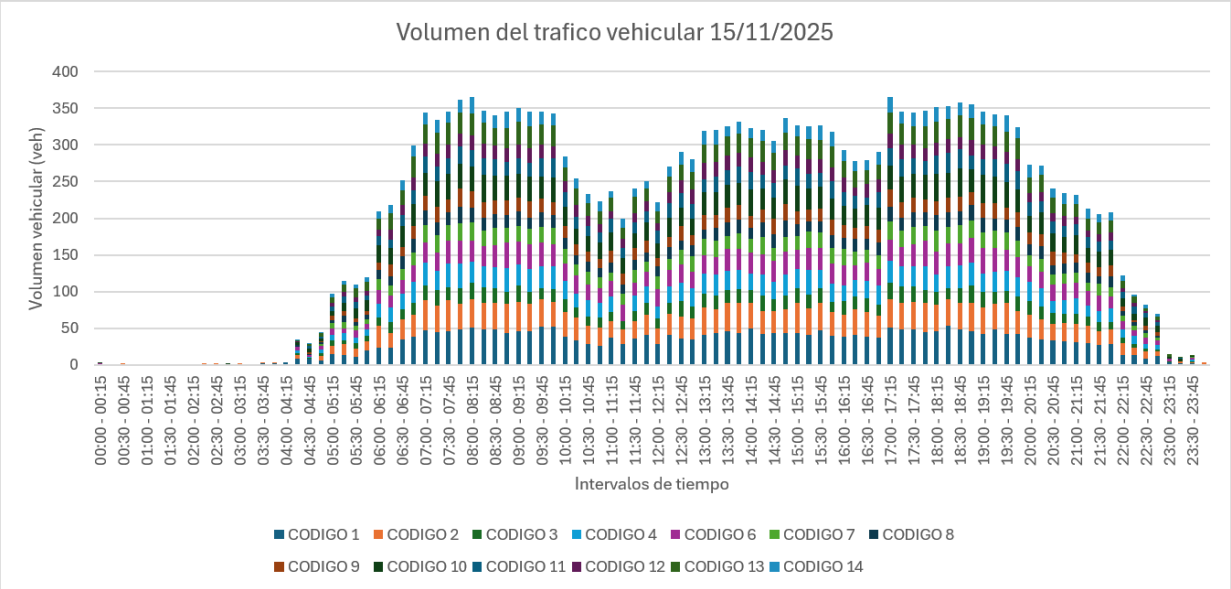
PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4	CODIGO 5	CODIGO 6	CODIGO 7
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	2	1	0	0	1	1	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	2	0	0	1	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	4	2	0	0	2	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	5	4	0	0	3	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	26	12	8	10	18	12	4
	6	5:00 AM	6:00 AM	60	49	28	32	53	34	28
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	120	107	57	87	126	78	60
	8	7:00 AM	8:00 AM	186	154	81	122	188	115	94
	9	8:00 AM	9:00 AM	192	148	83	118	171	120	90
	10	9:00 AM	10:00 AM	196	149	71	122	188	126	86
	11	10:00 AM	11:00 AM	127	114	58	85	127	89	69
	12	11:00 AM	12:00 PM	143	95	51	86	123	80	58
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	140	110	65	88	141	93	74
	14	1:00 PM	2:00 PM	174	150	72	109	164	108	83
	15	2:00 PM	3:00 PM	178	130	72	104	170	116	82
	16	3:00 PM	4:00 PM	171	147	72	111	168	113	84
	17	4:00 PM	5:00 PM	155	129	69	93	140	96	77
	18	5:00 PM	6:00 PM	193	152	83	117	170	120	91
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	193	147	76	117	177	127	99
	20	7:00 PM	8:00 PM	174	145	74	105	179	124	92
	21	8:00 PM	9:00 PM	138	106	63	85	135	90	59
	22	9:00 PM	10:00 PM	116	88	49	69	117	79	54
	23	10:00 PM	11:00 PM	48	44	17	35	48	33	24
	24	11:00 PM	12:00 AM	7	9	2	2	10	6	1

PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 8	CODIGO 9	CODIGO 10	CODIGO 11	CODIGO 12	CODIGO 13	CODIGO 14
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	5	3	13	6	2	7	3
	6	5:00 AM	6:00 AM	23	22	48	30	24	40	23
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	61	57	105	57	54	85	50
	8	7:00 AM	8:00 AM	77	83	136	87	70	114	67
	9	8:00 AM	9:00 AM	75	82	137	87	77	111	78
	10	9:00 AM	10:00 AM	73	77	130	92	73	117	73
	11	10:00 AM	11:00 AM	54	58	91	63	56	76	54
	12	11:00 AM	12:00 PM	51	67	90	60	51	72	44
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	59	59	94	75	63	83	61
	14	1:00 PM	2:00 PM	69	75	124	81	82	102	69
	15	2:00 PM	3:00 PM	75	77	126	82	76	102	65
	16	3:00 PM	4:00 PM	63	72	122	87	73	110	73
	17	4:00 PM	5:00 PM	65	68	111	68	66	84	60
	18	5:00 PM	6:00 PM	77	82	134	86	77	112	78
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	81	76	141	97	74	117	73
	20	7:00 PM	8:00 PM	72	78	140	95	71	111	72
	21	8:00 PM	9:00 PM	60	65	99	66	49	83	56
	22	9:00 PM	10:00 PM	52	53	87	57	40	67	48
	23	10:00 PM	11:00 PM	17	20	41	28	17	26	20
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	8	1	0	6	0

Nota. Se muestra el consolidado del aforo vehicular tomado el día 15-11-2025, Fuente: Elaboración propia

Figura 56

Gráfico de barras volumen vehicular 15-11-2025



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular del día 15-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

Del cual se registró un volumen de 22813 vehículos, además se pudo estimar que la hora de máxima demanda es por la mañana, específicamente de 7:30 a 8:30 am con un total de 1597 veh/h.

Para el Domingo 16 de noviembre 2025, se tuvo el siguiente aforo total

Figura 57

Aforo Vehicular día 16-11-2025

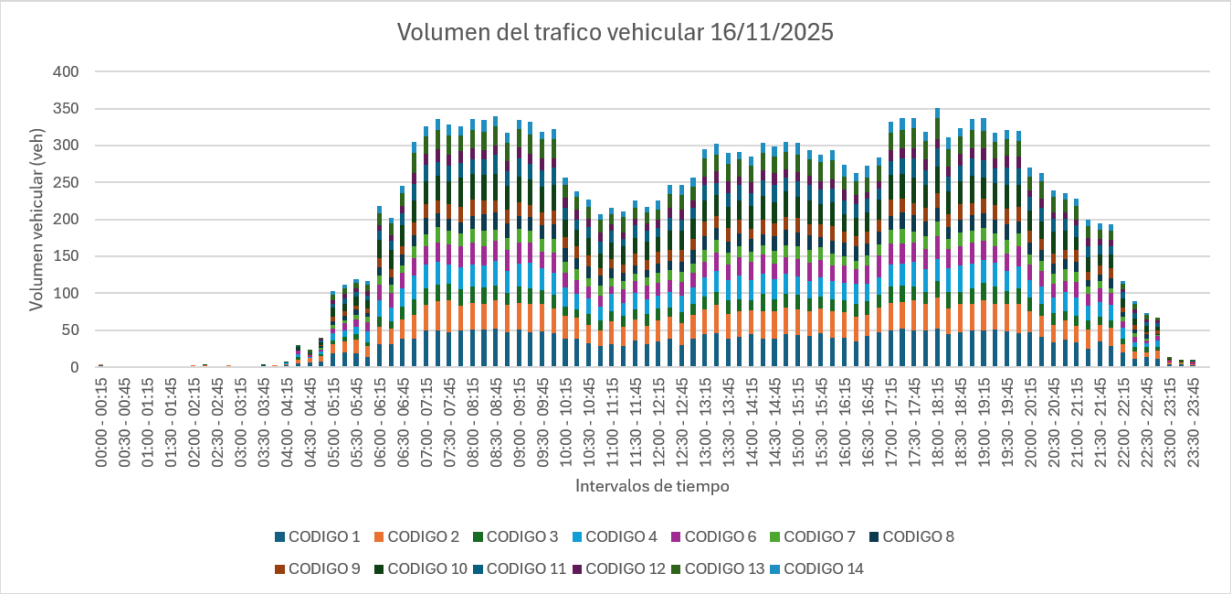
PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4	CODIGO 5	CODIGO 6	CODIGO 7
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	4	1	0	0	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	2	1	0	0	1	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	1	5	0	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	3	3	0	0	2	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	22	19	5	12	12	9	3
	6	5:00 AM	6:00 AM	71	60	24	44	40	39	21
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	139	104	61	98	103	83	53
	8	7:00 AM	8:00 AM	196	150	89	121	138	106	72
	9	8:00 AM	9:00 AM	201	147	79	124	138	110	71
	10	9:00 AM	10:00 AM	192	146	79	126	137	105	71
	11	10:00 AM	11:00 AM	137	106	52	87	96	69	55
	12	11:00 AM	12:00 PM	126	112	56	84	89	63	42
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	143	117	59	85	99	71	52
	14	1:00 PM	2:00 PM	170	140	70	114	126	92	63
	15	2:00 PM	3:00 PM	167	142	72	108	122	94	60
	16	3:00 PM	4:00 PM	171	137	70	100	122	91	68
	17	4:00 PM	5:00 PM	164	129	71	98	105	96	53
	18	5:00 PM	6:00 PM	200	151	79	124	136	108	71
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	193	150	83	132	147	112	68
	20	7:00 PM	8:00 PM	195	153	85	119	138	101	69
	21	8:00 PM	9:00 PM	158	106	63	95	100	77	57
	22	9:00 PM	10:00 PM	122	95	46	86	88	71	41
	23	10:00 PM	11:00 PM	55	39	26	35	42	26	15
	24	11:00 PM	12:00 AM	10	5	0	0	6	5	1

PER	HORA	INICIO	FIN	CODIGO 8	CODIGO 9	CODIGO 10	CODIGO 11	CODIGO 12	CODIGO 13	CODIGO 14
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	1	0	0	0	0
	5	4:00 AM	5:00 AM	4	3	10	5	2	7	0
	6	5:00 AM	6:00 AM	23	23	45	28	21	30	20
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	49	53	109	63	40	77	41
	8	7:00 AM	8:00 AM	73	75	136	83	63	96	56
	9	8:00 AM	9:00 AM	84	75	137	86	55	101	58
	10	9:00 AM	10:00 AM	74	71	138	93	56	102	55
	11	10:00 AM	11:00 AM	62	56	90	61	50	69	35
	12	11:00 AM	12:00 PM	47	54	93	58	35	65	35
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	58	62	98	60	49	70	52
	14	1:00 PM	2:00 PM	67	73	112	76	55	93	53
	15	2:00 PM	3:00 PM	74	67	127	79	58	90	53
	16	3:00 PM	4:00 PM	70	72	121	80	49	96	55
	17	4:00 PM	5:00 PM	71	61	102	70	46	78	55
	18	5:00 PM	6:00 PM	84	75	134	86	55	100	58
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	73	74	135	89	56	100	56
	20	7:00 PM	8:00 PM	76	80	121	89	62	90	55
	21	8:00 PM	9:00 PM	58	58	105	72	37	80	41
	22	9:00 PM	10:00 PM	45	53	71	55	35	60	36
	23	10:00 PM	11:00 PM	19	18	37	24	17	24	10
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	4	1	0	4	0

Nota. Se muestra el consolidado del aforo vehicular tomado el día 16-11-2025, Fuente: Elaboración propia

Figura 58

Gráfico de barras volumen vehicular 16-11-2025



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular del día 16-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

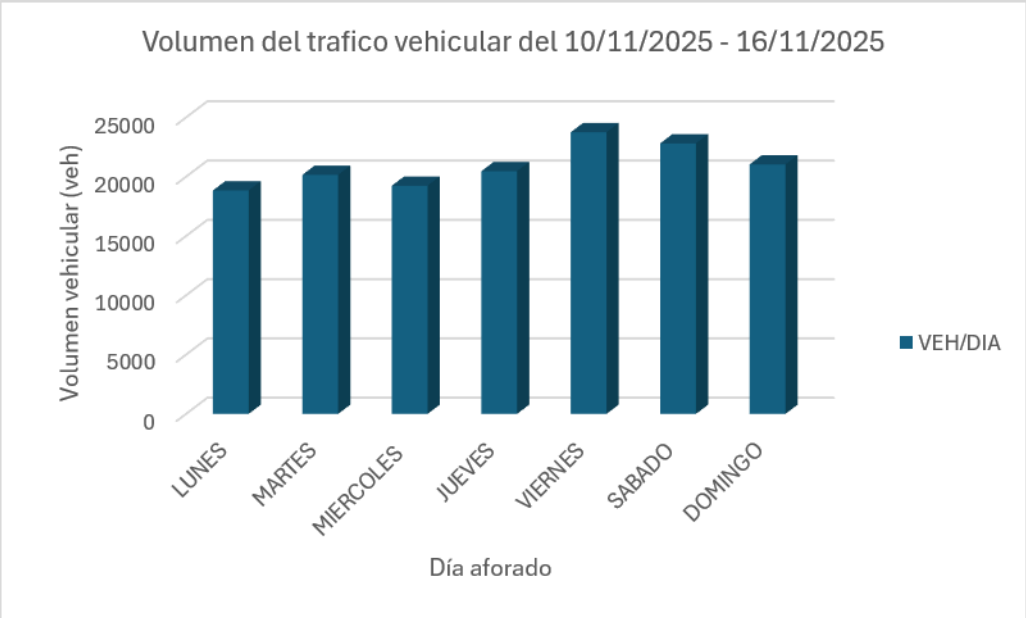
Del cual se registró un volumen de 21042 vehículos, además se pudo estimar que la hora de máxima demanda es por la mañana, específicamente de 5:15 a 6:15 pm con un total de 1478 veh/h.

4.2.2.4.3 Día de máxima demanda

A partir de los datos registrados, Por la mayor cantidad de vehículos que circulan por la intersección vial se tiene que el día con mayor demanda vehicular fue el viernes 14 de noviembre.

Figura 59

Volumen del tráfico vehicular semanal



Nota. Se muestra de forma grafica el volumen vehicular semanal, Fuente: Elaboración propia.

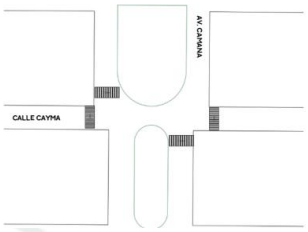
En la figura 60 se muestra la ficha de aforo vehicular, donde se consignan los conteos de vehículos clasificados por categoría e intervalo horario.

Figura 60

Consolidado de día con mayor cantidad de vehículos

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS



FECHA: 14/11/2025

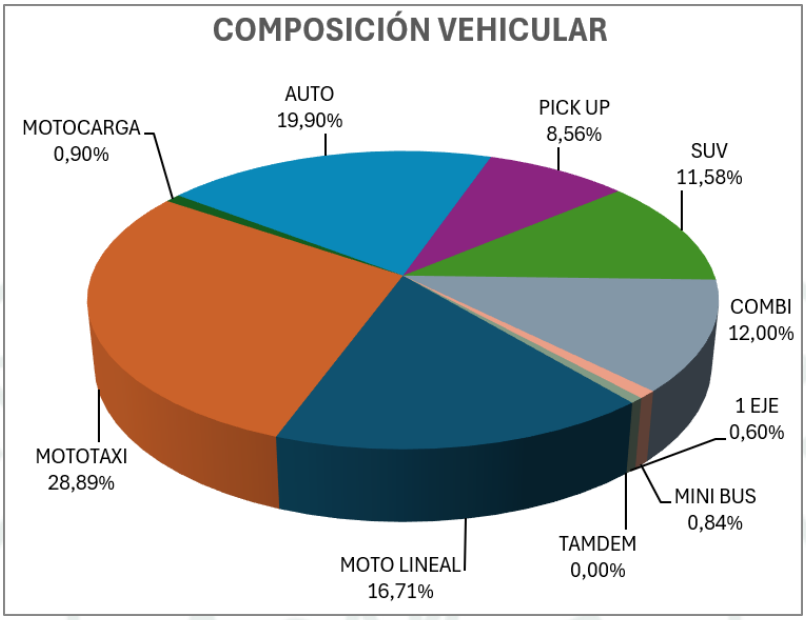
TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
				LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
PER	HORA	INICIO	FIN											
MADRUGADA	1	00:00 - 01:00		0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	11
	2	01:00 - 02:00		0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	6
	3	02:00 - 03:00		0	9	0	2	0	0	0	0	0	0	11
	4	03:00 - 04:00		0	15	0	6	0	0	0	0	0	0	21
	5	04:00 - 05:00		21	39	0	26	2	32	24	0	0	0	144
	6	05:00 - 06:00		91	149	0	110	49	71	73	0	0	0	543
MAÑANA	7	06:00 - 07:00		196	295	33	210	118	142	163	32	25	0	1214
	8	07:00 - 08:00		267	387	28	299	153	197	214	31	40	0	1616
	9	08:00 - 09:00		269	402	30	287	141	197	205	38	31	0	1600
	10	09:00 - 10:00		255	418	34	297	157	199	209	30	32	0	1631
	11	10:00 - 11:00		187	291	29	214	95	139	140	25	28	0	1148
	12	11:00 - 12:00		164	275	24	204	104	119	131	33	27	0	1081
TARDE	13	12:00 - 13:00		180	306	29	224	114	143	153	33	32	0	1214
	14	13:00 - 14:00		247	381	30	274	147	184	191	36	34	0	1524
	15	14:00 - 15:00		241	378	38	266	136	176	187	36	32	0	1490
	16	15:00 - 16:00		242	387	38	279	141	185	195	33	33	0	1533
	17	16:00 - 17:00		219	325	32	237	132	159	172	28	30	0	1334
	18	17:00 - 18:00		265	412	30	294	140	195	206	38	31	0	1611
NOCHE	19	18:00 - 19:00		277	479	15	330	142	192	199	14	10	0	1658
	20	19:00 - 20:00		261	392	37	294	153	193	198	30	35	0	1593
	21	20:00 - 21:00		190	303	27	231	114	149	152	25	28	0	1219
	22	21:00 - 22:00		167	262	27	189	94	115	115	29	27	0	1025
	23	22:00 - 23:00		79	125	0	90	45	65	43	0	0	0	447
	24	23:00 - 24:00		13	27	0	23	5	7	0	0	0	0	75

Nota. Se muestra el consolidado total del día con mayor conteo vehicular, Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 61 se observa que los vehículos livianos son los de mayor predominancia en la intersección, representando el 46.50% del total y compuestos principalmente por autos, SUV, pick up y combis. Igualmente, con mayor presencia se observa a los vehículos menores, que suman el 40.05% del total y destacan por la presencia de mototaxis y motos lineales. Finalmente, los vehículos medianos y pesados, como minibuses y camiones, reúnen una participación conjunta inferior al 1.5%.

Figura 61

Composición vehicular

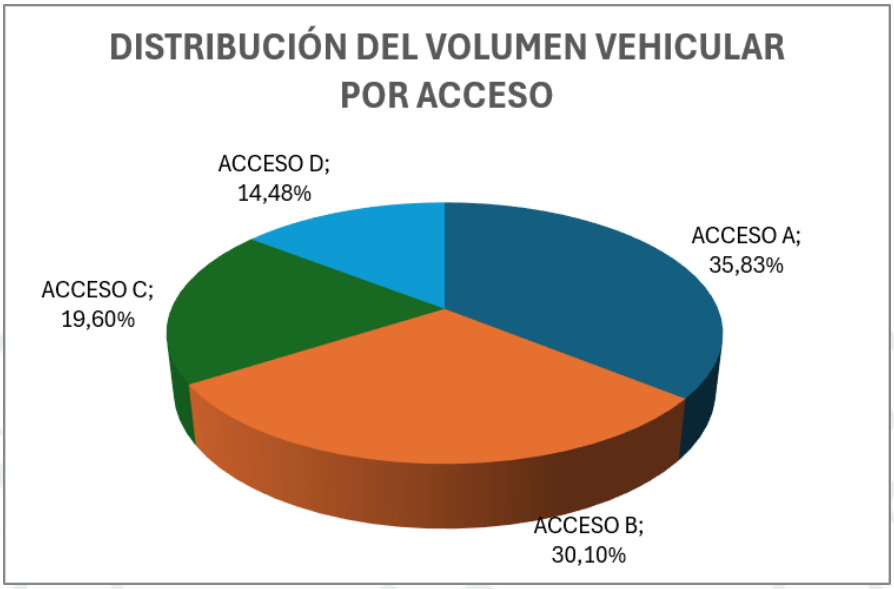


Nota. Se muestra de forma grafica la composición vehicular del día 14-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

En la figura 62 se muestra la distribución de los vehículos que ingresaron a la intersección desde los cuatro accesos planteados durante el día de mayor demanda, Se observa que el Acceso A desde el norte de la Av. Camaná concentra el mayor flujo vehicular con un 35.83% del total registrado, seguido por el Acceso B desde el sur de la Av. Camaná con 30.10%. El Acceso C desde el oeste de la Calle Cayma aporta 19.60%, mientras que el Acceso D desde el este de la Calle Cayma se registra con 14.48%. Esta distribución evidencia que los principales movimientos vehiculares se producen por la avenida Camaná.

Figura 62

Distribución del volumen vehicular por acceso



Nota. Se muestra de forma grafica la distribución del volumen vehicular por acceso del día 14-11-2025, Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4.4 Factor de hora pico

Según el HCM 2022, el Factor de Hora Punta es un coeficiente que cuantifica la variación de la demanda de tráfico dentro de la hora de mayor flujo. Se obtiene dividiendo el volumen total de la hora pico entre cuatro veces el volumen del intervalo de 15 minutos más cargado dentro de esa hora. Permitiendo ajustar los volúmenes de diseño a las condiciones más críticas de congestión. Para la presente investigación, se determinó el FHP específico para cada código de maniobra. Como se observa en la Tabla 08, los valores obtenidos oscilan entre 0.86 y 0.98, evidenciando distintos niveles de uniformidad en la llegada de vehículos según el movimiento analizado.

Tabla 10

Factor de hora pico

FHP			
CODIGO	**V (MAX)**	**V (TOT)**	**FHP**
1	62	239	0,96
2	48	172	0,90
3	21	64	0,76
4	36	119	0,83
5	58	214	0,92
6	36	131	0,91
7	24	84	0,88
8	20	70	0,88
9	21	75	0,90
10	42	162	0,96
11	26	87	0,84
12	19	63	0,83
13	31	118	0,95
14	18	59	0,82

Nota. Se muestra la tabla del FHP calculado para cada una de las maniobras aforadas, Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4.5 Hora de máxima demanda

La hora de mayor demanda vehicular registrada en la intersección fue de 6:00 a 7:00 pm, periodo en el que se alcanzó el mayor volumen con 1658 veh/h según el aforo del día 14/11/25 analizado. En las figuras 63,65,67,69 se detalla el aforo horario específico por cada uno de los accesos.

Para el acceso “A” se tiene la siguiente composición vehicular y distribución de maniobras.

Figura 63

Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso A

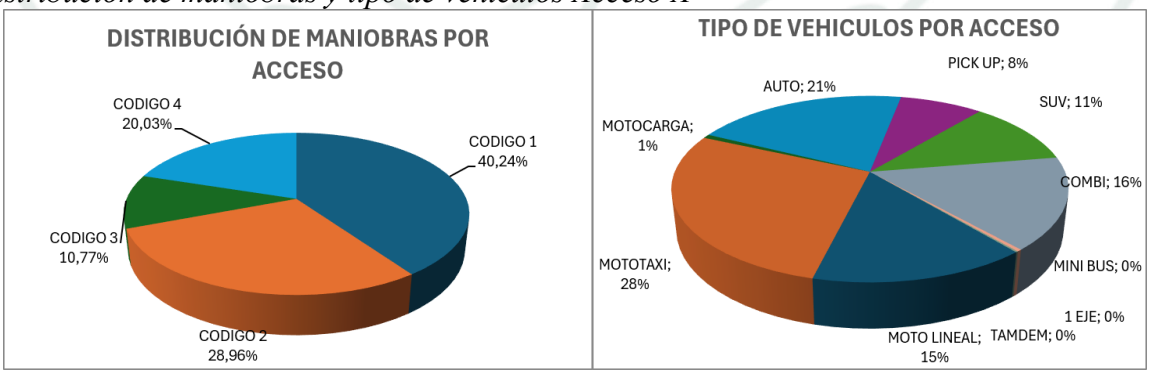
ACCESO A												
TIPO DE VEHICULO		MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS	
		LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E
MANIOBRA	INTERVALO										
CODIGO 1	18:00 – 18:15	8	18	0	10	6	7	7	1	0	0
	18:15 – 18:30	11	19	0	11	3	9	8	0	1	0
	18:30 – 18:45	12	15	0	10	4	9	9	0	0	0
	18:45 – 19:00	9	17	0	12	6	8	9	0	0	0
CODIGO 2	18:00 – 18:15	5	15	1	9	3	5	3	0	0	0
	18:15 – 18:30	6	17	0	13	2	4	5	1	0	0
	18:30 – 18:45	7	14	0	10	4	2	3	0	0	0
	18:45 – 19:00	5	16	1	11	2	4	4	0	0	0
CODIGO 3	18:00 – 18:15	2	2	1	5	2	2	3	0	0	0
	18:15 – 18:30	1	4	0	2	1	3	2	0	0	0
	18:30 – 18:45	2	3	0	3	1	1	3	0	0	0
	18:45 – 19:00	4	4	0	5	2	2	4	0	0	0
CODIGO 4	18:00 – 18:15	5	4	0	4	3	3	8	0	0	0
	18:15 – 18:30	3	6	1	5	2	2	9	0	0	0
	18:30 – 18:45	4	5	0	5	2	4	8	0	0	0
	18:45 – 19:00	5	6	0	8	5	2	10	0	0	0

Nota. Se muestra el consolidado del acceso A del día con mayor demanda, Fuente: Elaboración propia.

Durante esta hora por este acceso se contabilizaron un total de 594 veh/h que se desplazan desde el sur por la Av. Camaná hacia una distribución vehicular marcada, donde el 40.24% de vehículos se dirige hacia el sur y un 20.03% retorna nuevamente hacia el norte por la av. Camaná, seguidamente de un 10.77% se dirige para el este y 28.96% al oeste por la C. Cayma, concentrando una composición vehicular mayormente por mototaxis y autos.

Figura 64

Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso A



Nota. Se muestra graficamente la distribucion de maniobras y tipo de vehículo del acceso A, Fuente: Elaboración propia.

Para el acceso “B” se tiene la siguiente composición vehicular y distribución de maniobras.

Figura 65

Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso B

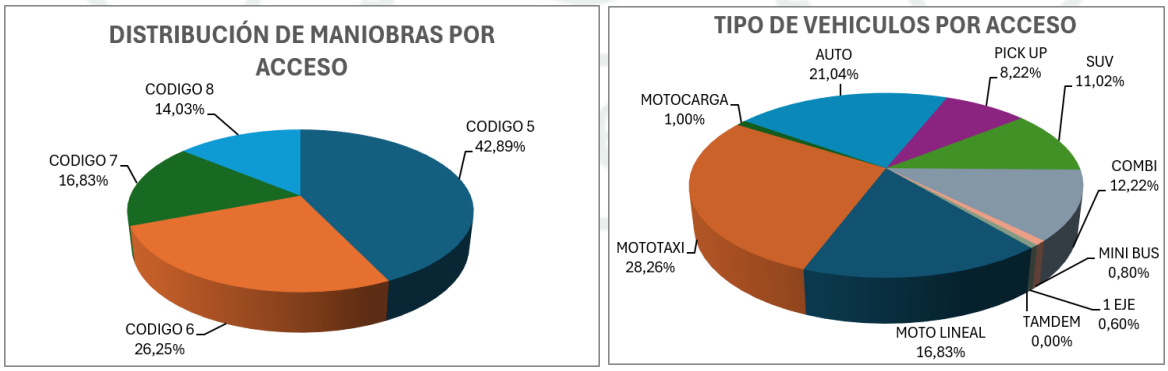
ACCESO B												
TIPO DE VEHICULO		MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS	
		LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E
MANIOBRA	INTERVALO										
CODIGO 5	18:00 – 18:15	10	16	0	12	5	6	9	0	0	0
	18:15 – 18:30	9	15	1	9	4	5	10	0	1	0
	18:30 – 18:45	7	17	0	11	1	4	9	0	0	0
	18:45 – 19:00	11	15	0	10	3	5	8	1	0	0
CODIGO 6	18:00 – 18:15	5	10	0	7	2	4	5	0	0	0
	18:15 – 18:30	7	9	1	8	4	4	2	1	0	0
	18:30 – 18:45	5	11	0	6	2	2	4	0	1	0
	18:45 – 19:00	5	9	1	8	1	3	3	1	0	0
CODIGO 7	18:00 – 18:15	4	8	1	2	3	3	3	0	0	0
	18:15 – 18:30	3	5	0	3	2	3	3	1	0	0
	18:30 – 18:45	4	7	0	2	3	2	1	0	0	0
	18:45 – 19:00	3	9	0	3	2	2	2	0	0	0
CODIGO 8	18:00 – 18:15	3	3	0	7	2	3	1	0	1	0
	18:15 – 18:30	2	2	1	6	2	4	0	0	0	0
	18:30 – 18:45	4	3	0	5	3	3	0	0	0	0
	18:45 – 19:00	2	2	0	6	2	2	1	0	0	0

Nota. Se muestra el consolidado del acceso B del día con mayor demanda, Fuente: Elaboración propia

Durante esta hora por este acceso se contabilizaron un total de 499 veh/h que se desplazan desde el norte por la Av. Camaná hacia una distribución vehicular marcada, donde el 42.90% de vehículos se dirige hacia el norte y un 14.0% retorna nuevamente hacia el sur por la av. Camaná, seguidamente de un 26.3% se dirige para el este y 16.8% al oeste por la C. Cayma, concentrando una composición vehicular mayormente por mototaxis y autos.

Figura 66

Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso B



Nota. Se muestra graficamente la distribucion de maniobras y tipo de vehículo del acceso A, Fuente: Elaboración propia.

Para el acceso “C” se tiene la siguiente composición vehicular y distribución de maniobras.

Figura 67

Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso C

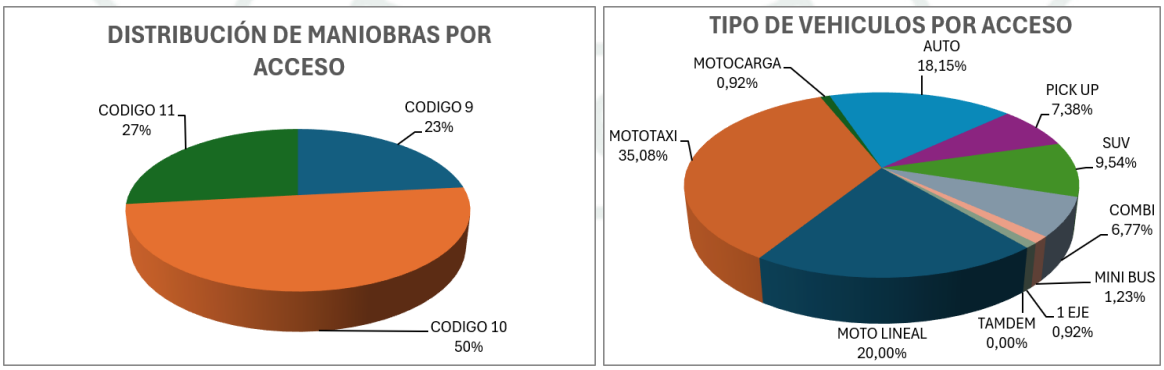
ACCESO C												
TIPO DE VEHICULO		MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS	
		LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E
MANIOBRA	INTERVALO										
CODIGO 9	18:00 – 18:15	5	8	0	2	1	1	2	1	1	0
	18:15 – 18:30	4	7	0	1	1	2	1	0	0	0
	18:30 – 18:45	5	8	1	2	2	1	1	1	0	0
	18:45 – 19:00	4	7	0	3	1	1	1	0	1	0
CODIGO 10	18:00 – 18:15	8	11	1	9	2	3	2	1	0	0
	18:15 – 18:30	9	13	0	7	5	5	2	0	0	0
	18:30 – 18:45	7	16	0	8	4	4	3	0	0	0
	18:45 – 19:00	9	14	0	10	2	5	1	0	1	0
CODIGO 11	18:00 – 18:15	4	9	0	5	2	3	3	0	0	0
	18:15 – 18:30	3	6	1	5	1	1	1	0	0	0
	18:30 – 18:45	2	8	0	3	2	3	3	1	0	0
	18:45 – 19:00	5	7	0	4	1	2	2	0	0	0

Nota. Se muestra el consolidado del acceso C del día con mayor demanda, Fuente: Elaboración propia

Durante esta hora por este acceso se contabilizaron un total de 325 veh/h que se desplazan desde el Oeste por la C. Cayma hacia una distribución vehicular marcada, donde el 23.4% de vehículos se dirige hacia el este por la C. Cayma, además, de un 49.8% se dirige hacia el sur y 26.8% al norte por la Av. Camaná, concentrando una composición vehicular mayormente por mototaxis y autos.

Figura 68

Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso C



Nota. Se muestra graficamente la distribucion de maniobras y tipo de vehículo del acceso A, Fuente: Elaboración propia.

Para el acceso “D” se tiene la siguiente composición vehicular y distribución de maniobras.

Figura 69

Consolidado de aforo hora de máxima demanda acceso D

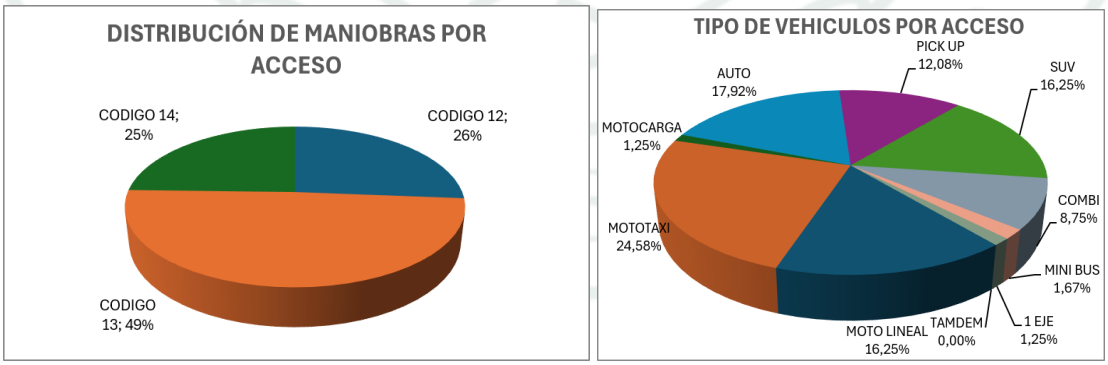
ACCESO D												
TIPO DE VEHICULO		MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS	
		LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E
MANIOBRA	INTERVALO										
CODIGO 12	18:00 – 18:15	2	3	1	3	2	2	2	1	0	0
	18:15 – 18:30	3	2	0	1	2	3	1	1	0	0
	18:30 – 18:45	1	3	0	2	3	4	2	0	0	0
	18:45 – 19:00	3	5	0	4	2	2	2	0	1	0
CODIGO 13	18:00 – 18:15	5	8	0	7	3	4	2	0	0	0
	18:15 – 18:30	3	9	1	6	4	6	1	0	0	0
	18:30 – 18:45	4	8	0	4	3	5	3	1	0	0
	18:45 – 19:00	6	9	0	7	2	4	2	0	1	0
CODIGO 14	18:00 – 18:15	3	3	0	2	1	2	1	0	0	0
	18:15 – 18:30	2	4	1	3	3	2	2	1	0	0
	18:30 – 18:45	4	2	0	1	2	3	2	0	1	0
	18:45 – 19:00	3	3	0	3	2	2	1	0	0	0

Nota. Se muestra el consolidado del acceso D del día con mayor demanda, Fuente: Elaboración propia

Durante esta hora por este acceso se contabilizaron un total de 240 veh/h que se desplazan desde el Oeste por la C. Cayma hacia una distribución vehicular marcada, donde el 26.3% de vehículos se dirige hacia el oeste por la C. Cayma, además, de un 24.6% se dirige hacia el sur y 49.3% al norte por la Av. Camaná, concentrando una composición vehicular mayormente por mototaxis y autos.

Figura 70

Distribución de maniobras y tipo de vehículos Acceso D



Nota. Se muestra graficamente la distribucion de maniobras y tipo de vehículo del acceso A, Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar el análisis de la composición vehicular y distribución de maniobras en los cuatro accesos, se concluye que el flujo en la intersección presenta una distribución heterogénea, canalizando volúmenes y tipos de vehículos diferenciados. Esta variabilidad queda cuantitativamente confirmada mediante los factores de hora punta (FHP) calculados, que muestran fluctuaciones importantes de la demanda dentro de los intervalos de 15 minutos. Esta correlación facilita no solo la identificación de los accesos con mayor carga, sino también la validación matemática de los patrones de concentración temporal del tráfico en los movimientos predominantes.

4.2.2.4.6 Unidad de Coche Patrón

El factor UCP (Unidad de Coche Patrón) ayuda a convertir los flujos mixtos en los de un vehículo patrón, de forma análoga al concepto de auto ligero usado en el entorno de simulación Synchro; este proceso es clave para cuantificar correctamente el volumen total de vehículos, ya que asigna diferentes factores de equivalencia en función de las características físicas y del comportamiento de cada vehículo que circula por la carretera.

El uso de UCP es una forma de aplicar las directrices del HCM, sin embargo, por el tipo particular del tránsito peruano, se debe reconocer la diversidad de manuales que existen; es necesario seleccionar los coeficientes que mejor se ajusten a la realidad del parque automotor.

En concordancia con lo anterior, y para garantizar la precisión de los resultados, se adoptaron los factores de equivalencia establecidos en el Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Ayacucho, documento técnico oficial cuyos valores se detallan a continuación en la Tabla N° 11:

Tabla 11

Tabla de valores UCP

Tipo de Vehículo	Factor UCP
Moto Lineal	0.33
Mototaxi	0.75
Auto / Pick Up	1
Rural (Combi)	1.25
Camión	2.5
Bus	3
Trailer	3.5

Nota. Unidad Coche Patrón según tipo de vehículo. Tomado de Plan de movilidad urbano sostenible Ayacucho

Una vez establecidos los coeficientes de equivalencia, se procedió a la conversión de los datos obtenidos en el aforo vehicular. La figura 71 presenta la matriz de volúmenes por Código de Maniobra, donde cada frecuencia vehicular observada fue multiplicada por su respectivo factor UCP. La columna final representa la demanda ajustada que servirá de base para la modelación en Synchro

Figura 71

Consolidado de UCP

	MENORES			LIVIANOS			MEDIANOS		PESADOS		
	MOTO LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MINI BUS	1 EJE	TAMDEM	
FACTOR UCP	0,33	0,75	0,75	1	1	1	1,25	2	2,5	3,5	TOTAL
CODIGO 1	13	52	0	43	19	33	41	2	3	0	206
CODIGO 2	8	47	2	43	11	15	19	2	0	0	145
CODIGO 3	3	10	1	15	6	8	15	0	0	0	57
CODIGO 4	6	16	1	22	12	11	44	0	0	0	111
CODIGO 5	12	47	1	42	13	20	45	2	3	0	185
CODIGO 6	7	29	2	29	9	13	18	4	3	0	113
CODIGO 7	5	22	1	10	10	10	11	2	0	0	70
CODIGO 8	4	8	1	24	9	12	3	0	3	0	62
CODIGO 9	6	23	1	8	5	5	6	4	5	0	62
CODIGO 10	11	41	1	34	13	17	10	2	3	0	131
CODIGO 11	5	23	1	17	6	9	11	2	0	0	73
CODIGO 12	3	10	1	10	9	11	9	4	3	0	59
CODIGO 13	6	26	1	24	12	19	10	2	3	0	102
CODIGO 14	4	9	1	9	8	9	8	2	3	0	52

Nota. Se muestra el consolidado del calculo de UCP para todas las maniobras, Fuente: Elaboración propia

Al comparar el volumen total registrado en campo que fue de 1658 vehículos mixtos frente al volumen homogeneizado 1430 UCP, se observa una reducción aproximada del 13.8% en la carga vehicular de diseño. Este descenso se debe directamente por la alta incidencia de vehículos menores en la intersección específicamente motocicletas y mototaxis, cuyos factores de equivalencia son 0.33 y 0.75 respectivamente que reducen el volumen total.

Esa diferencia resulta relevante porque indica que, aunque la frecuencia de paso de vehículos es alta, la ocupación espacial real en la vía corresponde a un flujo menor al que sugiere el conteo, por lo tanto, al usar el valor de 1430 UCP en la modelación en Synchro, se evita el sobredimensionamiento, ya que se ajusta a la capacidad real.

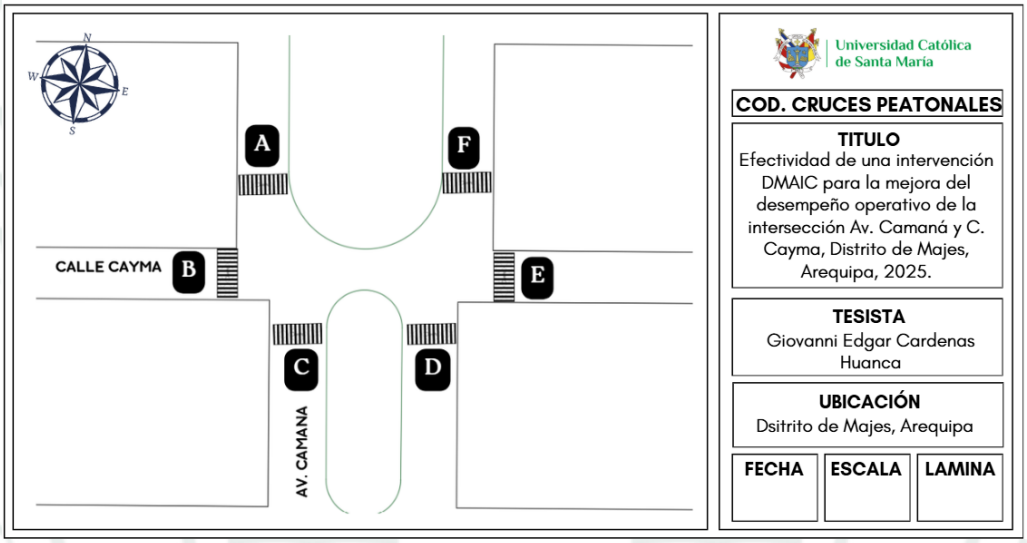
4.2.2.5 Conflictos de cruce por flujo peatonal y de ciclistas

El flujo no motorizado se analizó para ajustar el modelo de microsimulación con datos reales de fricción. Este estudio, de acuerdo con las recomendaciones del Highway Capacity Manual (HCM 2022), no se limitó al análisis de vehículos. En los puntos donde los vehículos interactúan con usuarios vulnerables, como peatones y ciclistas, también se identificaron conflictos directos. La información se recogió en campo el viernes 21 de noviembre de 2025, en el intervalo de la Hora de Máxima Demanda (HMD) identificado entre las 18:00 y las 19:00 horas. Es importante señalar que esta medición se realizó exactamente una semana después de que finalizó el aforo vehicular integral de siete días. La decisión se adoptó porque, primero, era necesario procesar los datos vehiculares para determinar el día con mayor carga de tráfico y la hora más crítica de ese día. Se determinaron el día de la semana y el horario más crítico para la intersección, y se midió la fricción peatonal en ese mismo día y horario. De esta forma, la calibración del modelo reproduce el nivel real de conflicto durante el periodo de mayor afluencia vehicular.

Para el registro y consolidación de datos se utilizó la Ficha de conteo de conflictos por cruces peatonales y por bicicletas, segmentando el registro en intervalos de 15 minutos para permitir un análisis de la variabilidad del flujo dentro de la hora pico. Se establecieron puntos de observación en los seis cruceros identificados en el nodo de la Av. Camaná y la C. Cayma codificados por letras de la "A" a la "F" como se muestra en la siguiente figura.

Figura 72

Codificación de cruceros peatonales

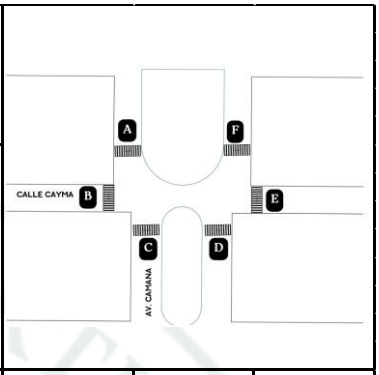


Nota. Se muestra croquis con la codificación de cruceros peatonales, Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la el consolidado con los valores obtenidos durante el periodo de evaluación:

Figura 73

Consolidado del conteo de conflictos por cruces peatonales y por bicicletas

Universidad Católica de Santa María			Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil					
FICHA DE CONTEO DE CONFLICTOS POR CRUCES PEATONALES Y POR BICICLETAS								
FECHA 21/11/2025								
CRUCE / HORARIO			A	B	C	D	E	F
TIPO	INICIO	FIN						
PEATONAL	18:00	18:15	41	34	45	44	23	41
	18:15	18:30	32	49	35	36	47	32
	18:30	18:45	51	37	46	31	51	29
	18:45	19:00	39	32	37	41	41	44
BICICLETAS	18:00	18:15	0	0	0	1	0	0
	18:15	18:30	1	0	0	0	0	0
	18:30	18:45	0	1	1	0	0	2
	18:45	19:00	1	1	0	0	0	0

Nota. Se muestra consolidado del conteo de conflictos por cruces peatonales y por bicicletas, Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos durante la Hora de Máxima Demanda (18:00 - 19:00 horas) arrojaron una afluencia global de 946 usuarios vulnerables transitando por la intersección, desglosados en 938 peatones y una cifra marginal de 8 ciclistas. Es necesario contar de forma detallada a estos actores para evaluar el nodo, según la Sección 2.5.2 del Manual de Seguridad Vial del MTC. En esta sección el peatón es definido como el protagonista principal del espacio público y como el elemento más frágil del sistema. Reconoce, también, la vulnerabilidad de los ciclistas frente a la circulación motorizada.

El análisis espacial de esta demanda revela una distribución de alta intensidad. Los cruceros de mayor conflicto transversal son los cruceros A y C, ambos con un tránsito pico de 163 transeúntes por hora. Les siguen de cerca el crucero E con 162 peatones y el crucero F con

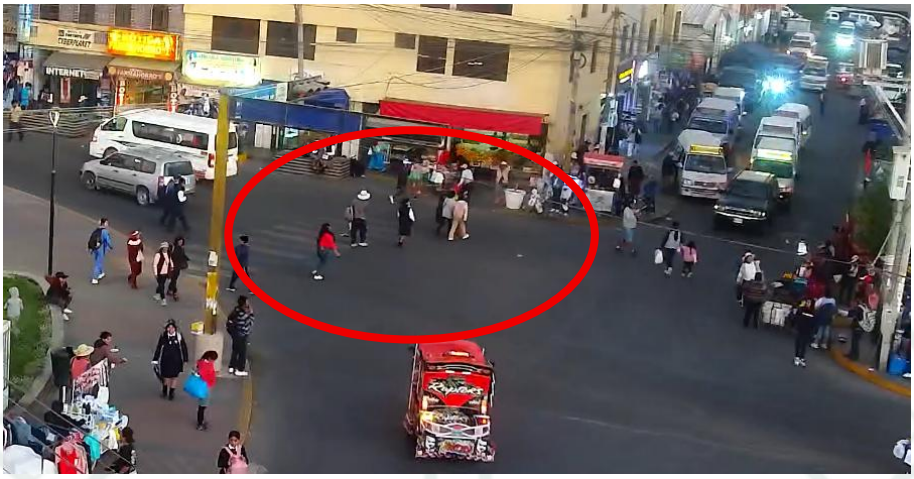
146 interacciones por hora. Esta gran y continua acumulación de peatones en diversos puntos genera un escenario de fuerte fricción lateral. Este impacto está reconocido en la Sección 2.7.3 del manual del MTC. Establece que cruzar una intersección exige mucho a los conductores y aumenta su carga mental, ya que deben "observar vehículos, peatones y ciclistas en un sendero en conflicto". Eso afecta a la fluidez y aumenta las probabilidades de cometer errores.

Es importante aclarar que para medir el impacto real de esta fricción en la operación del nodo, la medición solo registró a los usuarios que entran en la calzada durante la luz verde para los vehículos. Se excluyó deliberadamente de la muestra a los que cruzan correctamente cuando el tráfico está parado por el semáforo en rojo. Esta decisión de método está basada en la Sección 2.7.3 (Apartado D) del manual citado. En esta se dice que los principales errores y riesgos de accidentes ocurren cuando “los peatones entran en la trayectoria de un vehículo que está demasiado cerca para que el conductor tenga tiempo suficiente para detenerse”.

Esta entrada exclusiva y fuera de la regulación sobre el uso del derecho de paso, genera conflictos directos. Fuerza a los conductores a detener su marcha o frenar bruscamente en mitad de su marcha. Esta conducta pone de manifiesto de forma clara la necesidad de establecer estos volúmenes críticos en el modelo computacional. El programa tiene que penalizar con cálculos los tiempos de descarga y mostrar exactamente la caída real de capacidad de la intersección. Asimismo, la cifra tan elevada obtenida confirma la Sección 2.9.4 del MTC. En esta sección se establece que, cuando haya muchas personas caminando, se deben colocar cruces con las condiciones adecuadas. Esta norma será fundamental para diseñar soluciones en la fase de mejora de este estudio.

Figura 74

Peatones en conflicto



Nota. La figura muestra peatones en conflicto. Fuente propia.

4.2.2.6 Conflicto por detenciones de transporte público

El análisis de la fricción lateral generada por el transporte público permite cuantificar la degradación de la capacidad vial que producen la detención sistemática de unidades tipo combi y autobuses; cuando el tráfico no se detiene los vehículos circulan de forma continua, los paraderos si afectan la velocidad y generan atascos temporales en los carriles cercanos. Estos factores obligan a que el modelo sea muy detallado para que el diagnóstico operativo sea válido.

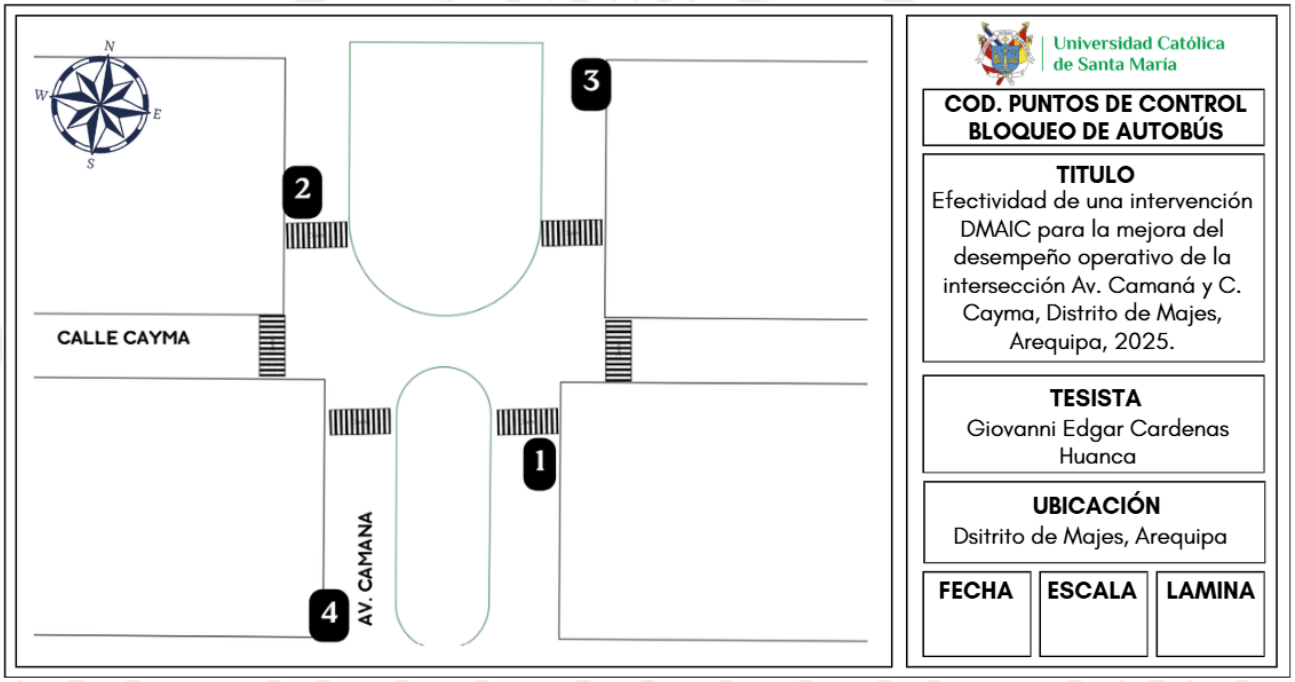
La recolección de datos se hizo el viernes 21 de noviembre de 2025 durante la hora de máxima demanda, entre las 18:00 y las 19:00 horas; se midió al tiempo que se estudiaban los conflictos peatonales. De este modo, todas las variables de fricción lateral corresponden al escenario vehicular más crítico identificado en la intersección.

Se utilizó la Ficha de conteo de bloqueo de autobús para el registro. Se establecieron cuatro puntos de control estratégicos. Estos puntos se codificaron del 1 al 4 únicamente en la Avenida Camaná, puesto que en esta avenida se concentra todo el transporte público de la zona. Sin embargo, luego del reconocimiento de campo, se determinó que la Calle

Cayma no cuenta con paraderos ni detenciones importantes. Por lo tanto, en la modelación se asume que su factor de fricción por autobuses es nulo.

Figura 75

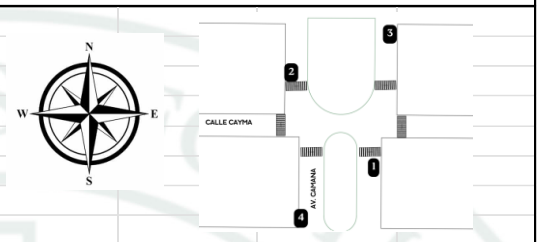
Codificación de puntos de control bloqueo de autobús



Nota. Se muestra croquis con codificación de puntos de control bloqueo de autobús, Fuente: Elaboración propia

Figura 76

Consolidado de puntos de control bloqueo de autobús

Universidad Católica de Santa María			Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil			
FICHA DE CONTEO DE BLOQUEO DE AUTOBUS						
FECHA 21/11/2025						
PUNTO / HORARIO			1	2	3	4
TIPO	INICIO	FIN				
# DE DETENCIONES	18:00	18:15	15	14	6	8
	18:15	18:30	14	13	6	7
	18:30	18:45	13	11	7	5
	18:45	19:00	16	12	5	7

Nota. Se muestra consolidado de puntos de control bloqueo de autobús, Fuente: Elaboración propia

El registro de 181 detenciones de autobuses en el nodo revela una intensidad de fricción lateral que incide directamente en los postulados del Manual de Seguridad Vial del MTC (2017).

Los resultados muestran deficiencias severas, especialmente en el Punto 1. Aquí hay 58 detenciones horarias, por lo que el carril de la derecha está bloqueado casi todo el tiempo. Esto hace que deje de servir para el tránsito normal y se convierta en una zona de maniobras reservada exclusivamente al transporte público. De acuerdo con la Sección 2.7.3 del manual citado, esas “obstrucciones visuales” en los bordes de la intersección reducen en gran medida la visibilidad de las calles que se cruzan. Esto obliga a los conductores a realizar maniobras evasivas, como cambiar de carril o detener el vehículo de manera brusca, con un tiempo de percepción y de reacción (TPR) muy corto. De este modo se producen “errores de colisión por

alcance" y "accidentes fronto-laterales".

Esto implica una disminución muy importante del flujo de saturación base y, además de los accidentes, el factor de corrección por bloqueo de autobuses reduce la capacidad de acceso, según el Highway Capacity Manual (HCM 2022), lo que genera un "estrangulamiento" que aumenta la demora en el control y reduce el nivel de servicio. Con el fin de mantener el rigor analítico, se ingresarán estos 181 bloqueos como variables de entrada clave en el software Synchro V.12 para calibrar el sistema; de esta manera se asegura que la Línea Base del modelo refleje fielmente la ineficiencia operativa real generada por la alta rotación de pasajeros y la ausencia de bahías de paradero en el Distrito de Majes.

4.2.2.7 Determinación de las Velocidades de Operación

Para la parametrización del modelo de simulación se requirió definir las velocidades de aproximación vehicular. Para cumplir con lo exigido, la adopción de estos valores se basa en un análisis conjunto de la normativa peruana de tránsito, los lineamientos de seguridad vial, la composición del flujo vehicular y los criterios del Highway Capacity Manual (HCM 2022). Este proceso partió de la premisa de que la velocidad de operación no representa el límite ideal a flujo libre, sino la velocidad real y segura con la que los vehículos circulan y se aproximan a la intersección, considerando las restricciones físicas e interacciones del entorno.

4.2.2.7.1 Criterios de Evaluación

A. Criterio Normativo

- Normativa Histórica: el Texto Único Ordenado (TUO) del Reglamento Nacional de Tránsito establecía, de manera tradicional, límites máximos de velocidad de 60 km/h para avenidas y 40 km/h para calles o jirones en zonas urbanas.
- Normativa Vigente (DS N° 025-2021-MTC): Bajo la finalidad de reducir la siniestralidad, el Estado Peruano modificó estos límites. Actualmente, la normativa

estipula un límite máximo legal de 50 km/h para avenidas y 30 km/h para calles y jirones. Estos valores actualizados representan el tope legal que debe considerarse en cualquier evaluación de tránsito urbano.

B. Criterio de Composición Vehicular

- El levantamiento de campo confirmó que la intersección opera bajo un régimen de tránsito mixto y heterogéneo. La vía es compartida simultáneamente por automóviles, unidades de transporte público (combis), motocicletas y vehículos menores (mototaxis). Cada uno de estos vehículos posee características mecánicas distintas (diferentes tasas de aceleración y distancias de frenado). Ante esta variabilidad, no es técnicamente adecuado promediar las velocidades observadas; por el contrario, el modelo requiere adoptar un parámetro de diseño estandarizado que garantice que la operación simulada sea segura para todos los tipos de vehículos presentes.

C. Criterio de Seguridad Vial

- Protección Peatonal: El área de estudio presenta un volumen importante de peatones. El Manual de Seguridad Vial del MTC señala que, para garantizar la alta probabilidad de supervivencia de un peatón en caso de atropello, la velocidad de impacto no debe ser mayor a 30 km/h.
- Distancia de Visibilidad de Parada (DVP): Los conductores requieren de una velocidad que les permita tener el tiempo suficiente para percibir el cambio del semáforo o la presencia de otros usuarios y frenar de forma segura, especialmente cuando las edificaciones en las esquinas reducen el campo visual.

D. Criterio Operacional

- Fricción Lateral: El HCM establece que factores como la actividad comercial en las aceras, el transporte público deteniéndose para dejar pasajeros y el flujo de

vehículos menores generan "fricción lateral". Esta interferencia constante reduce la velocidad de circulación de los vehículos, haciendo que la velocidad real de operación por lo general sea inferior al límite máximo permitido por la ley.

4.2.2.7.2 Aplicación de criterios de evaluación por vía

A partir de los criterios mencionados, se establecieron las siguientes velocidades operativas para ingresar al software de simulación:

Avenida Camaná: la velocidad se calibró en 40 km/h. Este valor se justifica por el equilibrio entre su jerarquía vial y las condiciones del entorno:

- **Ajuste del Límite Legal:** Según la norma vigente, el límite máximo para esta avenida es de 50 km/h (anteriormente 60 km/h); sin embargo, modelar el escenario a 50 km/h no reflejaría la realidad ya que asume un flujo libre sin interrupciones.
- **Efecto de la Fricción y el Flujo Mixto:** La presencia constante de combis realizando paradas además de motos y mototaxis maniobrando en la calzada genera una fricción lateral; esta interacción obliga a los conductores a disminuir su velocidad de circulación para mantener el control. El valor de 40 km/h estandariza esta condición, permitiendo que el software calcule las demoras de un flujo mixto de manera realista y conservadora.
- **Respuesta de Frenado:** Conducir a 40 km/h proporciona la Distancia de Visibilidad de Parada (DVP) necesaria para que los vehículos con menor capacidad de frenado puedan reaccionar a tiempo al semáforo.

Calle Cayma: Para la vía secundaria la velocidad de aproximación se definió en 30 km/h, fundamentada en restricciones normativas y espaciales:

- Cumplimiento del Reglamento Vigente: Esta vía clasifica como calle urbana, cuyo límite máximo actual es exactamente 30 km/h según el DS N° 025-2021-MTC (habiendo sido reducido desde los 40 km/h de la norma anterior). El modelo debe

acatar esta restricción legal para evaluar un escenario permitido por la ley.

- Seguridad del Entorno: Al ser el valor límite recomendado por el MTC para zonas de alta interacción, los 30 km/h aseguran la supervivencia peatonal y otorgan a los conductores el tiempo de percepción-reacción necesario al aproximarse a los cruces peatonales.
- Capacidad Restringida (HCM): Esta calle carece de carriles exclusivos de giro, por lo que el flujo mixto (autos, motos y mototaxis) comparte el mismo espacio al aproximarse a la intersección principal. Esta limitación geométrica fuerza una aproximación a menor velocidad, consolidando a los 30 km/h como el parámetro técnico óptimo para la simulación de este acceso.

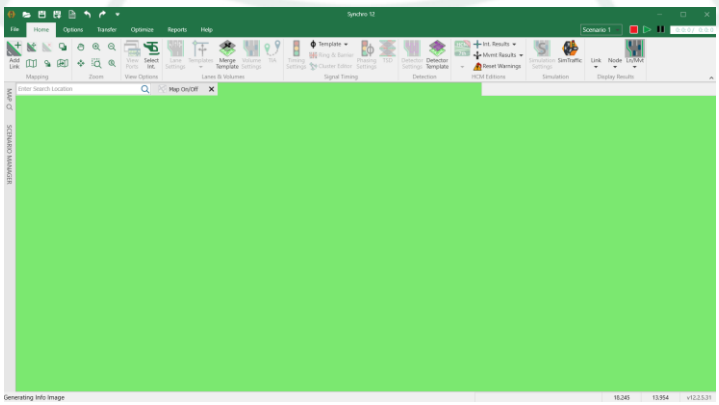
4.2.2.8 Desarrollo del modelo digital

4.2.2.8.1 Ubicación Geográfica

Al iniciar Synchro 12 se muestra la pantalla principal con el área de trabajo en blanco y la cinta de herramientas en la parte superior Figura 77. Desde esta barra se accede a los comandos para crear la red vial, configurar los parámetros de tráfico y ejecutar las simulaciones, que serán utilizados posteriormente.

Figura 77

Página de inicio de Synchro V.12

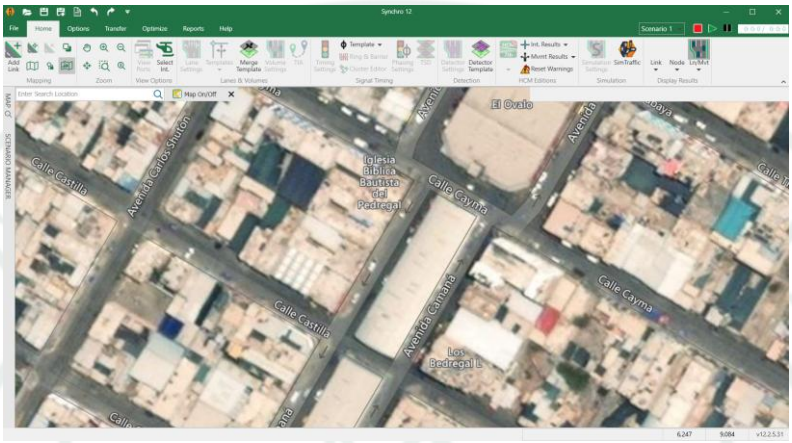


Nota. Se muestra el interfaz de inicio del Software Synchro V.12, Fuente propia.

Synchro 12 incorpora un mapa preestablecido, en el cual se procedió a identificar la zona a intervenir

Figura 78

Mapa de inicio de Synchro V.12



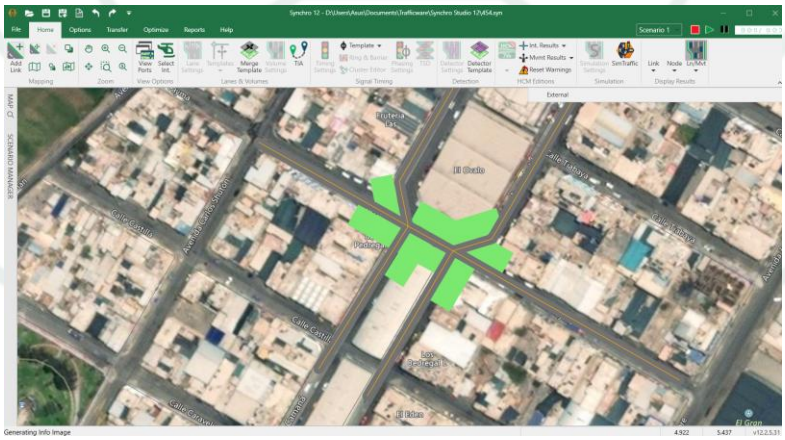
Nota. Se muestra el mapa de inicio del Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.2.8.2 Trazo geométrico de la intersección

Utilizando el comando add link se procedió a trazar las vías como se puede ver quedo una doble intersección.

Figura 79

Trazo de la intersección en Synchro V.12



Nota. Se muestra el trazo de la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

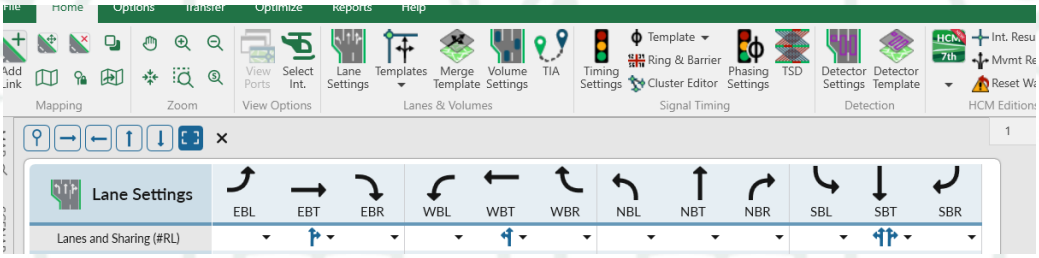
4.2.2.8.3 Planilla Lane Settings

Definición de carriles y asignación del volumen: Después de completar el diseño o trazado de las vías, se accede a la segunda sección, denominada Lane Settings o Configuración de Carriles. En el primer campo, Lanes and Sharing, se requiere ingresar la información de los carriles de aproximación de cada acceso a la intersección, especificando los movimientos direccionales como giros o trayectorias que los vehículos pueden realizar desde cada uno de ellos para cada uno de los nodos.

Para el nodo N°1

Figura 80

Carriles de aproximación nodo 1

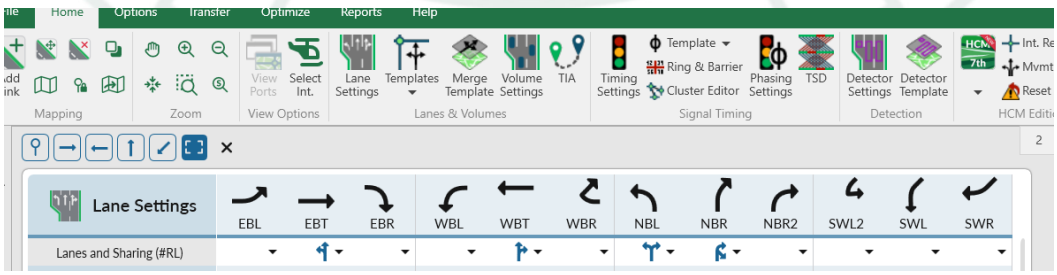


Nota. Se muestra la configuración de los carriles de aproximación del Nodo 1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2

Figura 81

Carriles de aproximación nodo 2

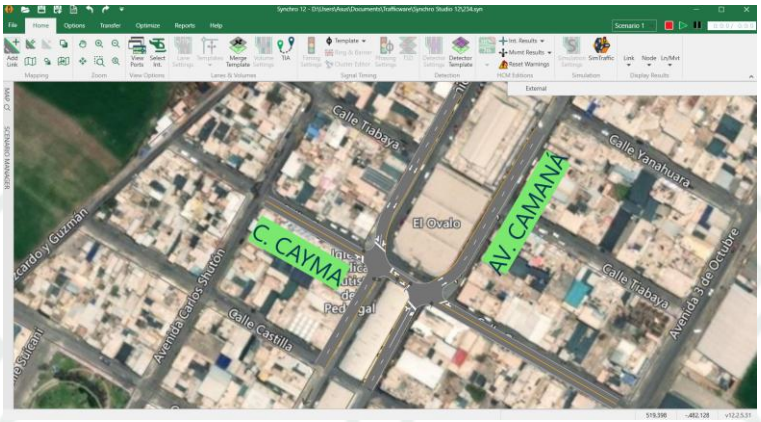


Nota. Se muestra la configuración de los carriles de aproximación del Nodo 2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Vista general de la intersección con sus correspondientes giros y maniobras

Figura 82

Representación de configuración de carriles de aproximación de la intersección



Nota. Se muestra la configuración de los carriles de aproximación de la intersección en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Posterior a ello, En la siguiente sección, identificada como Traffic Volume o Volumen de Tráfico, se deben ingresar los datos de aforo. Estos corresponden a los volúmenes de vehículos para cada sentido de movimiento y en cada acceso a la intersección. Es importante notar que estos volúmenes se expresan en vehículos por hora y son un múltiplo de cuatro, ya que representan la proyección del período de 15 minutos con mayor carga dentro de la hora pico.

Para el nodo N°1

Figura 83

Configuración de volúmenes por carril de aproximación nodo N°1

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145

Nota. Se muestra la configuración de los volúmenes registrados por cada carril de aproximación del Nodo 1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2

Figura 84

Configuración de volúmenes por carril de aproximación nodo N°2

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	*160*	*163*	*0*	*0*	*111*	*102*	*132*	*185*	*113*	*0*	*0*	*0*

Nota. Se muestra la configuración de los volúmenes registrados por cada carril de aproximación del Nodo 2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Cabe recalcar que si bien el programa reconoce 2 intersecciones en la práctica solo es una, es por ello que las trayectorias de las maniobras 3,4,7,8,9,11,12 y 14 que ameritan pasar por ambos nodos se configuraron utilizando la opción “Link OD Volumes” (Vincular Volúmenes OD)

Para las maniobras cuyos destinos finales son el Norte y Este

Figura 85

Volúmenes vinculados Norte y Este

	Total	Sink	EB-Tot	EBL	EBT	EBR
Link Total	*323*	*0*	*323*	160	163	0

Nota. Se muestra la configuración de los volúmenes vinculados cuyos destinos finales son el Norte y Este en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para las maniobras cuyos destinos finales son el Sur y Oeste

Figura 86

Volúmenes vinculados Sur y Oeste

	Total	Sink	WB-Tot	WBL	WBT	WBR
Link Total	243	0	243	108	135	0

Nota. Se muestra la configuración de los volúmenes vinculados cuyos destinos finales son el Sur y Oeste en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Definición de Operación:

En la fila Link Speed o Velocidad de Enlace, se registra la velocidad de aproximación de los vehículos al ingresar a la intersección de la Avenida Camaná y la Calle Cayma. Es importante destacar que, para los fines de este análisis, el valor de esta velocidad de aproximación se considera secundario, dado que su influencia en la determinación del Nivel de Servicio y la capacidad operativa de la intersección no afecta de manera significativa. Se adoptaron los siguientes valores promedio, basándose en la naturaleza de las vías y sus límites de velocidad normativos:

Avenida Camaná: Se asumió una velocidad de aproximación de 40 km/h.

Calle Cayma: Se asumió una velocidad de aproximación de 30 km/h.

Para el Nodo N°1

Figura 87

Velocidad de enlace Nodo 1

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (vph)	*0*	*135*	*131*	*108*	*135*	*0*	*0*	*0*	*0*	*168*	*206*	*145*
Street Name												
Link Distance (m)	—	102.8	—	—	26.2	—	—	37.5	—	—	28.4	—
Link Speed (km/h)	—	30	—	—	40	—	—	30	—	—	40	—

Nota. Se muestra las velocidades de enlace ingresadas para el Nodo 1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el Nodo N°2

Figura 88

Velocidad de enlace Nodo 2

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	*160*	*163*	*0*	*0*	*111*	*102*	*132*	*185*	*113*	*0*	*0*	*0*
Street Name				C. Cayma								
Link Distance (m)	—	26.2	—	—	148.4	—	36.6	—	—	—	27.0	—
Link Speed (km/h)	—	30	—	—	30	—	40	—	—	—	40	—

Nota. Se muestra las velocidades de enlace ingresadas para el Nodo 2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

El valor registrado en la novena fila, Ideal Satd Flow o Flujo de Saturación Ideal Básico, fue determinado con base en las especificaciones del Highway Capacity Manual 2016 ya que este término se representa el valor promedio de intensidad para un tráfico que tenga unas condiciones evaluadas de 1 para cada valor de ajuste. Dicho valor es de 1900 vehículos/carril/hora por defecto para una población igual o mayor a 250,000 habitantes, de lo

contrario es de 1750 vehículos/carril/hora.

Conforme a lo establecido en dicho manual, y dado que la población del área de estudio es menor a los 250,000 habitantes, se adoptó el valor estándar de 1,750 vehículos por hora por carril como flujo de saturación ideal. Este valor constituye la base para los ajustes posteriores del flujo de saturación real de la intersección.

Figura 89

Flujo de saturación ideal

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Street Name				C. Cayma								
Link Distance (m)	–	26.2	–	–	148.4	–	233.2	–	–	–	27.0	–
Link Speed (km/h)	–	20	–	–	20	–	30	–	–	–	30	–
Set Arterial Name and Speed	–	EB	–	–	WB	–	NB	–	–	–	SW	–
Travel Time (s)	–	4.7	–	–	26.7	–	28.0	–	–	–	3.2	–
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750

Nota. Se muestra el ingreso de información del flujo de saturación ideal en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la décima fila de la tabla de análisis, Lane Width o Ancho de Carril, se procedió a actualizar los valores correspondientes a la dimensión transversal real de cada carril de los accesos que componen la intersección en estudio.

Figura 90

Ancho de carril

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Street Name				C. Cayma								
Link Distance (m)	–	26.2	–	–	148.4	–	233.2	–	–	–	27.0	–
Link Speed (km/h)	–	20	–	–	20	–	30	–	–	–	30	–
Set Arterial Name and Speed	–	EB	–	–	WB	–	NB	–	–	–	SW	–
Travel Time (s)	–	4.7	–	–	26.7	–	28.0	–	–	–	3.2	–
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0

Nota. Se muestra el ingreso de información del ancho de carril en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la onceava fila, dentro de Lane Settings, está el campo Grade o Pendiente. Este parámetro requiere la introducción de la inclinación longitudinal de los accesos de entrada a la intersección, expresada en porcentaje (%) el cual en nuestro análisis al no tener pendientes se no se asumió ningún valor para ningún acceso.

Figura 91

Pendiente o grado de inclinación de la vía

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Street Name				C. Cayma								
Link Distance (m)	–	26.2	–	–	148.4	–	233.2	–	–	–	27.0	–
Link Speed (km/h)	–	20	–	–	20	–	30	–	–	–	30	–
Set Arterial Name and Speed	–	EB	–	–	WB	–	NB	–	–	–	SW	–
Travel Time (s)	–	4.7	–	–	26.7	–	28.0	–	–	–	3.2	–
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	0	–	–	–	0	–

Nota. Se muestra la pendiente o grado de inclinación de la vía en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la duodécima fila de los parámetros de carril, se activó la casilla Area Type CBD o Central Business District, debido a la ubicación de la intersección en el centro comercial de la ciudad. Este ajuste es fundamental, ya que el HCM reconoce una ineficiencia operativa intrínseca en estas zonas de alta complejidad y congestión generalizada. En consecuencia, El sofware aplica un factor de ajuste CBD de 0.90 al flujo de saturación para reflejar esta reducción de capacidad.

Figura 92

Casilla de Area tipo CBD

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Link Distance (m)	–	26.2	–	–	148.4	–	233.2	–	–	–	27.0	–
Link Speed (km/h)	–	20	–	–	20	–	30	–	–	–	30	–
Set Arterial Name and Speed	–	EB	–	–	WB	–	NB	–	–	–	SW	–
Travel Time (s)	–	4.7	–	–	26.7	–	28.0	–	–	–	3.2	–
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	0	–	–	–	0	–
Area Type CBD	–	✓	–	–	✓	–	✓	–	–	–	✓	–

Nota. Se muestra la casilla de Area tipo CBD en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La decimotercera y decimocuarta fila en la configuración de los parámetros de carril hacen referencia a las dimensiones del carril de almacenamiento para giros exclusivos derecha o izquierda. El campo Storage Length o Longitud de Almacenamiento define la extensión física de dicho carril, mientras que Storage Lanes o Número de Carriles de Almacenamiento indica cuántos carriles están dedicados a esta función. Dado que, tras la inspección de campo y el análisis geométrico, se constató que ninguno de los accesos a la intersección posee carriles de giro exclusivos, se procedió a asignar el valor de 0 metros en el campo de Storage Length. Por extensión, el parámetro Storage Lanes no es aplicable ni requiere consideración numérica en este análisis, ya que la inexistencia de la longitud de almacenamiento anula su relevancia.

Figura 93

Longitud de almacenamiento

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	0	–	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☑	–	–	☑	–	☑	–	–	–	☑	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	0.0	–	–	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Nota. Se muestra la longitud de almacenamiento en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La decimoquinta fila trata sobre el campo “Right Turn Channelized” o “Giro a la Derecha Canalizado”, que se activa cuando existe un carril de giro a la derecha dotado de canalización física y regulado por un dispositivo específico de control de tráfico. Tras la evaluación, se determinó que no existe una canalización exclusiva para el giro a la derecha que esté semaforizada en los accesos analizados; por lo tanto, este factor no se consideró en el procedimiento. En correlación directa, en la decimosexta fila, el campo Curb Radius Radio de la Curva se utiliza para registrar la dimensión geométrica del radio de la curva de dicha canalización. Ante la ausencia del elemento físico canalizado en la intersección, el ingreso de este valor careció de relevancia y, consecuentemente, tampoco fue considerado para el análisis.

Figura 94

Giro a la derecha canalizado

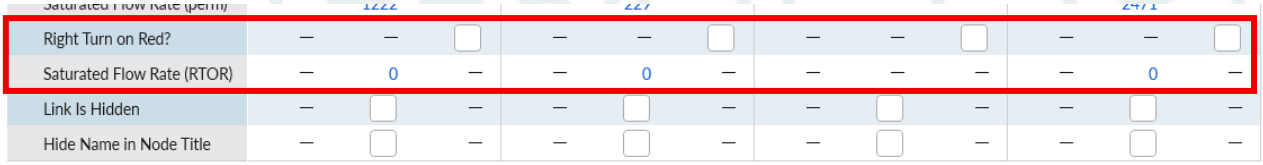
Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	4.0	4.0	4.0	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Right Turn Channelized	–	–	None	–	–	None	–	–	None	–	–	None
Curb Radius (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Nota. Se muestra la selección asumida respecto al giro a la derecha canalizado en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La vigesimocuarta fila corresponde al parámetro Right Turn on Red o Vuelta a la Derecha en Rojo y la vigesimoquinta fila reporta el Saturated Flow (RTOR) o Flujo de Saturación de Vuelta en Rojo, opciones que permiten descontar vehículos que giran durante la fase roja. En el presente modelo, esta función quedó sin efecto y desactivada; esta decisión se toma estrictamente de acuerdo con el Reglamento Nacional de Tránsito, ya que el semáforo, en su fase roja, obliga a detenerse por completo y no se puede cruzar la intersección, dado que la entrada analizada no cuenta con señalización vertical especial que permita dicha acción, se asume que el 100% del flujo vehicular debe transitar únicamente durante la fase de verde. Así, se preserva la coherencia legal y técnica del diseño

Figura 95

Giro a la derecha en rojo

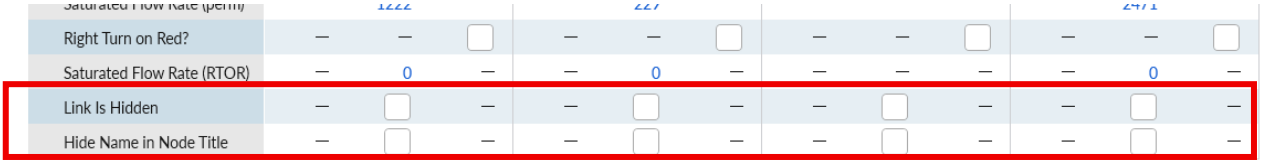


Nota. Se muestra la selección e ingreso de saturación respecto a giro a la derecha en rojo en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Finalmente, Las filas vigesimosexta y vigesimoséptima corresponden a los parámetros de visualización Link is Hidden (Ocultar Tramo) y Hide Name in Node Title (Ocultar Nombre en Nodo). Estas opciones permiten simplificar gráficamente la interfaz de red ocultando elementos visuales o etiquetas de texto. En el presente modelo, estas funciones se mantuvieron desactivadas.

Figura 96

Ocultar tramo y ocultar nombre



Nota. Se muestra la selección de las casillas de ocultar nombre y ocultar tramo en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Análisis y cálculos del programa:

Se muestran en las siguientes filas posteriores los cálculos que realiza el programa y la comprobación de los factores que afectan el flujo de saturación basándose en el manual HCM.

La decimosexta fila corresponde al Lane Utilization Factor o Factor de Utilización de Carriles, el cual es un parámetro esencial que cuantifica la distribución efectiva del volumen de tráfico entre los carriles de cada grupo de movimiento. Según el manual HCM figura 99 para la mayoría de los accesos, se asignó el valor ideal de 1.00, lo que indica una utilización equitativa de la capacidad. Sin embargo, se aplicó un factor de 0.95 en lo que corresponde a la Av. Camaná. La utilización de un valor inferior a la unidad se justifica para reflejar una distribución desequilibrada o subutilización del flujo vehicular en dicho carril, ajustando de forma precisa la tasa de flujo de saturación a las condiciones operativas reales de la intersección.

Figura 97

Factor de utilización de carril

Movimiento del grupo de carriles	N° de carriles	Factor de ajuste por utilización de carriles (fLU)
Compartido	1	1
Compartido	2	0.95
Compartido	3	0.91
Compartido	4+	0.86
Izquierdo	1	1
Izquierdo	2	0.97
Izquierdo	3+	0.94
Derecho	1	1
Derecho	2	0.88
Derecho	3	0.76

Nota. Se muestra el factor de utilización de carril extraído y Fuente: HCM 2022.

Para el nodo N°1

Figura 98

Factor de utilización de carril nodo N°1

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Right Turn Channelized	–	–	None	–	–	None	–	–	None	–	–	None
Curb Radius (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Add Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95

Nota. Se muestra el factor de utilización de carril para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2

Figura 99

Factor de utilización de carril nodo N°2

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	0	–	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☑	–	–	☑	–	☑	–	–	–	☑	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	0.0	–	–	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Right Turn Channelized	–	–	None	–	–	None	–	–	None	–	–	None
Curb Radius (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Add Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Se muestra el factor de utilización de carril para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La decimoséptima fila corresponde al Right Turn Factor o Factor de Ajuste por Giros a la Derecha el cual es un parámetro correctivo que ajusta la tasa de flujo de saturación considerando la fricción operativa generada por la maniobra de viraje. Según el manual HCM 2022, el programa asignó el valor fijo de 0.85 para los carriles exclusivos, mientras que para los carriles compartidos y simples se aplicaron las fórmulas de reducción proporcional.

Carril exclusivo:$f_{RT} = 0.85$

Carril compartido: $f_{RT} = 1 - 0.15P_{RT}$

Carril simple: $f_{RT} = 1 - 0.135P_{RT}$

Donde

P_{RT}= Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles.

f_{RT}= 0.050

La utilización de estos valores inferiores a la unidad se justifica para reflejar la restricción geométrica impuesta por el radio de giro, la cual obliga a los conductores a desacelerar y aumentar sus intervalos de paso, reduciendo así la capacidad efectiva del carril en comparación con el movimiento directo.

Figura 100

Ajuste de giros por la derecha

Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1283	—	—	1610	—	—	—	—	—	2601	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	***0.871***	—	—	***1.000***	—	—	—	—	—	***0.882***	—
Left Ped Factor	—	***1.000***	—	—	***0.923***	—	—	—	—	—	***1.000***	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1283	—	—	1487	—	—	—	—	—	2601	—

Nota. Se muestra el factor de ajuste de giros a la derecha en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La decimoctava fila corresponde al Left Turn Factor (Prot) o Factor de Ajuste por Giro a la Izquierda Protegido, es un coeficiente que ajusta el flujo de saturación para movimientos con prioridad de paso. Según el manual HCM 2022, si bien para carriles exclusivos se asigna el valor estándar de 0.95, para carriles compartidos (giro e ir de frente en el mismo carril) este factor es variable y se calcula en función de la proporción de giros. La variación de este valor se justifica técnicamente porque, en un carril compartido, la fricción generada por los vehículos que reducen la velocidad para girar afecta directamente a los vehículos que siguen de frente, penalizando la capacidad total del grupo de manera proporcional al volumen de la demanda de giro.

Carril exclusivo: $f_{RT} = 0.95$

Carril compartido: $f_{RT} = \frac{1}{1+0.05P_{LT}}$

Donde

P_{LT}= Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles.

Figura 101

Factor de ajuste por giro a la izquierda protegido

Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1283	—	—	1610	—	—	—	—	—	2601	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	*0.871*	—	—	*1.000*	—	—	—	—	—	*0.882*	—
Left Ped Factor	—	*1.000*	—	—	*0.923*	—	—	—	—	—	*1.000*	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1283	—	—	1487	—	—	—	—	—	2601	—

Nota. Se muestra el factor de ajuste por giro a la izquierda protegido en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La decimonovena fila corresponde al Saturated Flow Rate (prot) o Flujo de Saturación Ajustado, el cual representa la tasa máxima de descarga vehicular que el grupo de carriles puede procesar bajo las condiciones específicas de la intersección, asumiendo que la señal verde está disponible el 100% del tiempo. Este valor es el resultado matemático del producto entre el flujo de saturación base ideal y la totalidad de los factores de ajuste geométricos y operativos calculados. La determinación de este parámetro se justifica técnicamente porque transforma un valor teórico ideal de 1750 vehículos por hora por carril en una capacidad real, incorporando cuantitativamente todas las fricciones y restricciones del entorno como ancho de vía, giros y vehículos pesados que limitan el flujo vehicular.

Figura 102

Flujo de saturación ajustado protegido

Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1283	—	—	1610	—	—	—	—	—	2601	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	*0.871*	—	—	*1.000*	—	—	—	—	—	*0.882*	—
Left Ped Factor	—	*1.000*	—	—	*0.923*	—	—	—	—	—	*1.000*	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1283	—	—	1487	—	—	—	—	—	2601	—

Nota. Se muestra el factor flujo de saturación ajustado protegido en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La vigésima fila corresponde al Left Turn Factor (Perm) o Factor de Ajuste por Giro a la Izquierda Permitido, el cual es un coeficiente dinámico que penaliza el flujo de saturación para los movimientos que deben ceder el paso al tráfico opuesto. A diferencia del factor protegido, este valor no es constante y suele ser significativamente menor a la unidad. Su cálculo y aplicación se justifican en la teoría de aceptación de brechas que es la capacidad del carril depende inversamente del volumen de flujo vehicular contrario, ya que los conductores deben esperar tiempos variables hasta encontrar un intervalo seguro (brecha) para cruzar, lo que reduce drásticamente la tasa de descarga efectiva del acceso.

Figura 103

Factor de giro a la izquierda permitido

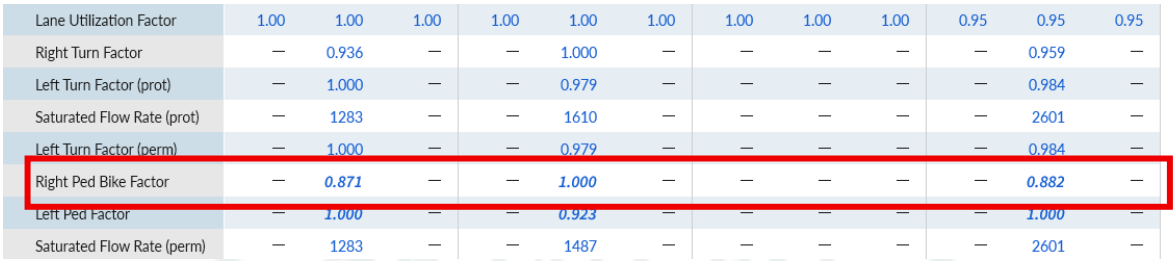
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1283	—	—	1610	—	—	—	—	—	2601	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	***0.871***	—	—	***1.000***	—	—	—	—	—	***0.882***	—
Left Ped Factor	—	***1.000***	—	—	***0.923***	—	—	—	—	—	***1.000***	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1283	—	—	1487	—	—	—	—	—	2601	—

Nota. Se muestra el factor de ajuste de giro a la izquierda permitido en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La vigesimoprimera fila identifica al Right Turn Ped/Bike Factor o Factor de Ajuste por Peatones y Ciclistas, es un coeficiente que sirve para penalizar el flujo de saturación cuando los vehículos deben ceder el paso a usuarios vulnerables.

Figura 104

Factor de ajuste por peatones y ciclistas



Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1283	—	—	1610	—	—	—	—	—	2601	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	*0.871*	—	—	*1.000*	—	—	—	—	—	*0.882*	—
Left Ped Factor	—	*1.000*	—	—	*0.923*	—	—	—	—	—	*1.000*	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1283	—	—	1487	—	—	—	—	—	2601	—

Nota. Se muestra el factor de ajuste por peatones y ciclistas en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La vigesimosegunda fila señala el Left Ped Factor o Factor de Ajuste por Peatones en Vuelta a la Izquierda, un coeficiente que modela la reducción de capacidad causada por el conflicto entre los vehículos que giran y los peatones que cruzan el acceso de destino.

Figura 105

Ajuste de peatones en vuelta a la izquierda



Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1283	—	—	1610	—	—	—	—	—	2601	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	*0.871*	—	—	*1.000*	—	—	—	—	—	*0.882*	—
Left Ped Factor	—	*1.000*	—	—	*0.923*	—	—	—	—	—	*1.000*	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1283	—	—	1487	—	—	—	—	—	2601	—

Nota. Se muestra el factor de ajuste por peatones en vuelta a la izquierda en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La vigesimotercera fila presenta el Saturated Flow (perm) o Flujo de Saturación Ajustado (Permitido), es un valor que cuantifica la capacidad máxima de descarga del carril bajo condiciones de ceda el paso. A diferencia del flujo protegido, este parámetro sufre una

reducción considerable en su magnitud numérica. Este resultado es una consecuencia directa de aplicar el Factor de Giro a la Izquierda Permitido calculado anteriormente al flujo base. Ello se justifica técnicamente debido a la naturaleza aleatoria del movimiento: la capacidad real del acceso ya no depende de la infraestructura, sino de la disponibilidad de brechas en el tráfico contrario, lo que limita severamente la cantidad de vehículos que pueden completar la maniobra por hora.

Figura 106

Flujo de saturación ajustado permitido

Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1283	—	—	1610	—	—	—	—	—	2601	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	*0.871*	—	—	*1.000*	—	—	—	—	—	*0.882*	—
Left Ped Factor	—	*1.000*	—	—	*0.923*	—	—	—	—	—	*1.000*	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1283	—	—	1487	—	—	—	—	—	2601	—

Nota. Se muestra el factor de ajuste por flujo de saturación ajustado permitido en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Consolidación final:

Finalmente, se presenta la consolidación de las planillas de Lane Settings para cada una de las intersecciones que conforman el área de estudio.

Para el nodo N°1

Figura 107

Consolidado de planilla lane settings Nodo 1

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Street Name												
Link Distance (m)	—	102.8	—	—	26.2	—	—	37.5	—	—	28.4	—
Link Speed (km/h)	—	30	—	—	40	—	—	30	—	—	40	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	12.3	—	—	2.4	—	—	4.5	—	—	2.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	4.0	4.0	4.0	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	✓	—	—	✓	—	—	✓	—	—	✓	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.936	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.959	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.979	—	—	—	—	—	0.984	—

Nota. Se muestra el consolidado de planilla lane settings del nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2

Figura 108

Consolidado de planilla lane settings Nodo 2

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Street Name				C. Cayma								
Link Distance (m)	—	26.2	—	—	148.4	—	36.6	—	—	—	27.0	—
Link Speed (km/h)	—	30	—	—	30	—	40	—	—	—	40	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	NB	—	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	3.1	—	—	17.8	—	3.3	—	—	—	2.4	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	0	—	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☑	—	—	☑	—	☑	—	—	—	☑	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	1.000	—	—	0.935	—	0.940	0.850	—	—	—	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.976	—	—	1.000	—	0.971	1.000	—	—	—	—

Nota. Se muestra el consolidado de planilla lane settings del nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.2.8.4 Planilla Volume Settings

La primera y segunda fila muestran la Configuración de Carriles y el Volumen de Tráfico asignado. Dado que estos datos fueron ingresados en la planilla anterior, en esta sección aparecen vinculados automáticamente por el software

Figura 109

Configuración de carriles y volumen vehicular

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145

Nota. Se muestra el ingreso de la configuración de carriles y volumen vehicular en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Las filas tercera, cuarta y quinta corresponden al Development Volume (Volumen de Desarrollo), Combined Volume (Volumen Combinado) y Future Volume (Volumen Futuro). En el presente análisis, se asignó un valor de 0 al volumen de desarrollo. Debido a que el cálculo opera exclusivamente con la demanda actual registrada, sin adicionar flujos proyectados.

Figura 110

Volumen de desarrollo, volumen combinado y volumen futuro

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Development Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combined Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145

Nota. Se muestra el cálculo del volumen de desarrollo, volumen combinado y volumen futuro en el software Synchro V.12, Fuente propia.

Las filas sexta y séptima corresponden a Conflicting Peds (Peatones en Conflicto) y Conflicting Bicycles (Bicicletas en Conflicto).

Figura 111

Número de peatones y ciclistas en conflicto

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Development Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combined Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Conflicting Peds. (#/hr)	0	–	163	163	–	0	0	–	0	0	–	152
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	1	–	–	0	–	–	0	–	–	2

Nota. Se muestra el ingreso de la configuración número de peatones y ciclistas en conflicto en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La octava fila representa el Peak Hour Factor (Factor de Hora Punta o PHF), parámetro calculado anteriormente que cuantifica la uniformidad del flujo vehicular dentro de la hora analizada.

Figura 112

Factor de hora pico

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	1	–	–	0	–	–	0	–	–	2
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.94	0.92	0.92	0.93	1.00	0.25	0.25	0.92	0.95	0.88

Nota. Se muestra el ingreso del factor de hora pico por maniobra en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La novena fila corresponde al Growth Factor (Factor de Crecimiento). En el presente estudio, se mantuvo el valor neutral de 1.00 para todos los movimientos. Ello responde a que el objetivo de la modelación es evaluar la situación operativa actual, sin aplicar proyecciones de demanda futura.

Figura 113

Factor de crecimiento

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.94	0.92	0.92	0.93	1.00	0.25	0.25	0.92	0.95	0.88
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Se muestra el ingreso del factor de crecimiento en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La décima fila reporta el Adjusted Flow (Flujo Ajustado). Este parámetro representa la tasa de flujo vehicular definitiva que utiliza el software para los cálculos de capacidad y demora. Su valor se obtiene automáticamente mediante la división del volumen aforado entre el Factor de Hora Pico (PHF) previamente ingresado.

Figura 114

Flujo ajustado

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.93	0.92	0.89	0.93	1.00	0.25	0.25	0.92	0.88	0.91
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	*0*	*157*	*141*	*117*	*152*	*0*	*0*	*0*	*0*	*183*	*234*	*159*

Nota. Se muestra el resultado del flujo ajustado en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La undécima fila registra el Heavy Vehicles % (Porcentaje de Vehículos Pesados). Con base en la clasificación vehicular realizada en campo, este valor se mantuvo en 0 ya que se está usando UCP para poder homogenizar el volumen vehicular. Este parámetro es fundamental ya que permite ajustar el flujo de saturación, considerando el impacto operativo que generan las mayores dimensiones y la lenta aceleración de estas unidades en comparación con los vehículos ligeros.

Figura 115

Porcentaje de vehículos pesados

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	1	–	–	0	–	–	0	–	–	2
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.93	0.92	0.89	0.93	1.00	0.25	0.25	0.92	0.88	0.91
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	*0*	*157*	*141*	*117*	*152*	*0*	*0*	*0*	*0*	*183*	*234*	*159*
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. Se muestra el ingreso de la configuración de porcentaje de vehículos pesados en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la doceava fila Bus Blockages #/hr (Bloqueos por Autobuses) es el número de autobuses, micros por hora que paran para subir, recoger pasajeros y bloquean el tráfico.

Figura 116

Bloqueo por autobuses

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	1	–	–	0	–	–	0	–	–	2
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.93	0.92	0.89	0.93	1.00	0.25	0.25	0.92	0.88	0.91
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	*0*	*157*	*141*	*117*	*152*	*0*	*0*	*0*	*0*	*183*	*234*	*159*
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Nota. Se muestra el ingreso de la configuración de bloqueo por autobuses en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Las filas decimotercera y decimocuarta caracterizan la interacción con el estacionamiento lateral, en la fila Adj. Parking Lane (Carril de Estacionamiento Adyacente).

Figura 117

Maniobras de estacionamiento



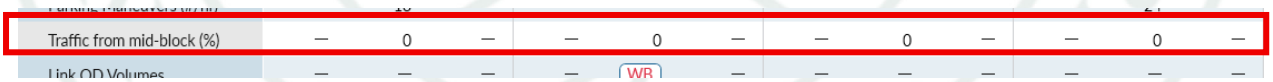
Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Adjusted Flow (vph)	0	157	141	117	152	0	0	0	0	183	234	159
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Nota. Se muestra el ingreso de la configuración de maniobras de estacionamiento en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La decimoquinta fila corresponde al parámetro Traffic from Midblock % o Tráfico de Mitad de Cuadra. En el presente modelo, este valor se estableció en 0% para la totalidad de los accesos. Esta consideración asume que el flujo vehicular analizado proviene íntegramente de la intersección anterior (aguas arriba), descartando aportes significativos de fuentes intermedías como salidas de cocheras privadas o calles locales que pudieran alterar el balance de volumen en el tramo antes de llegar a la línea de parada.

Figura 118

Tráfico a mitad de la cuadra



Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	WR	—	—	—	—	—	—	—

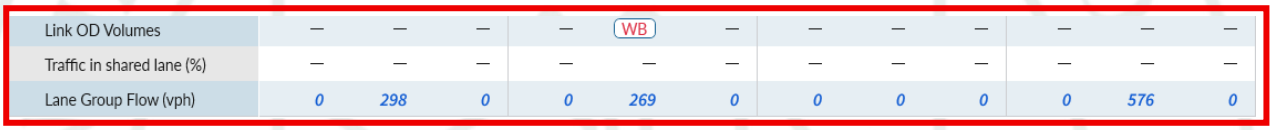
Nota. Se muestra el ingreso de la configuración de tráfico a mitad de la cuadra en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La decimosexta fila visualiza el estado de la vinculación de volúmenes (Link OD Volumes). Dado que la unificación de las trayectorias para las maniobras complejas (3, 4, 7, 8, 9, 11, 12 y 14) se estableció en la etapa lane settings para tratar los dos nodos como una sola intersección, en esta ventana los valores aparecen ya definido, finalmente, se presentan las filas correspondientes a Traffic in Shared Lane % o Tráfico en Carril Compartido y a Lane Group

Flow o Flujo de Grupo de Carriles; cabe señalar que estos campos no son parámetros de entrada manual sino indicadores resultantes del procesamiento interno del software. El primero cuantifica automáticamente la distribución porcentual de la demanda en aquellos carriles que sirven a múltiples movimientos como giros compartidos, mientras que el segundo reporta el volumen operativo definitivo asignado a cada grupo geométrico. Ambos valores constituyen la base numérica sobre la cual el algoritmo aplicará las ecuaciones de saturación y demora en la etapa de simulación.

Figura 119

Tráfico en carril compartido y flujo de grupo de carriles



Link OD Volumes	–	–	–	–	WB	–	–	–	–	–	–	–
Traffic in shared lane (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Group Flow (vph)	0	298	0	0	269	0	0	0	0	0	576	0

Nota. Se muestra el ingreso del tráfico en carril compartido y flujo de grupo de carriles en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Consolidación final:

Finalmente, se presenta la consolidación de las planillas de Volume Settings para cada uno de los nodos que conforman el área de estudio.

Para el nodo N°1:

Figura 120

Consolidado de planilla Volumen settings Nodo 1

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Development Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combined Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	163	163	—	0	0	—	0	0	—	152
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.93	0.92	0.89	0.93	1.00	0.25	0.25	0.92	0.88	0.91
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	0	157	141	117	152	0	0	0	0	183	234	159
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	WB	—	—	—	—	—	—	—
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	298	0	0	269	0	0	0	0	0	576	0

Nota. Se muestra el consolidado de la planilla volumen settings del nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 121

Consolidado de planilla Volumen settings Nodo 2

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Development Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combined Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0
Conflicting Peds. (#/hr)	146	—	0	0	—	146	0	0	162	0	0	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	2	—	0	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.25	0.88	0.90	0.90	0.90	0.94	0.89	0.25	0.90	0.25
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	174	177	0	0	123	113	147	197	127	0	0	0
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	39	19	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	0	—	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	EB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	49	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	351	0	0	236	0	244	227	0	0	0	0

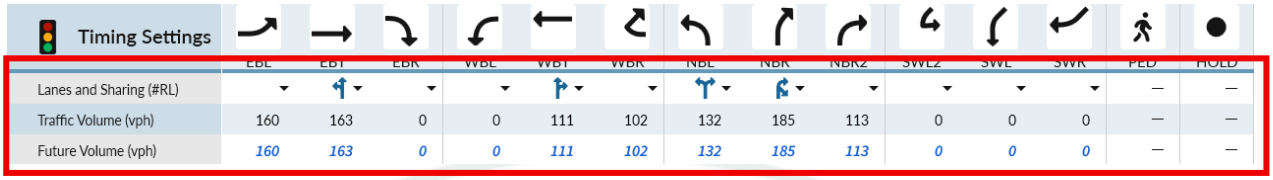
Nota. Se muestra el consolidado de la planilla volumen settings del nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.2.8.5 Planilla Timing Settings

Las 3 primeras filas “Lanes and Sharing” y “Traffic Volume” son iguales a la planilla “Lane Settings” muestran la Configuración de Carriles y el Volumen de Tráfico asignado. Dado que estos datos fueron ingresados en la planilla anterior, en esta sección aparecen vinculados automáticamente por el software

Figura 122

Configuración de carriles y volumen de Tráfico



Nota. Se muestra el ingreso de configuración de carriles y volumen de tráfico en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La cuarta fila La cuarta fila, Turn Type, establece la lógica de control para los movimientos de giro. La parametrización de estos valores se realizó analizando la interacción entre la teoría de fases y la realidad operativa de la intersección, la cual se caracteriza por una geometría atípica con una isla central peatonal que divide los conflictos. La idea de la semaforización es controlar los accesos externos para que los vehículos puedan pasar o rodear esta isla de manera fluida, evitando los embotellamientos que interrumpen la circulación transversal.

Para el acceso Oeste (WBL) se utilizó la configuración “Split o Fase Dividida”. Esta decisión obedece a una limitación de espacio en el carril, ya que el flujo de giro a la izquierda comparte espacio con el movimiento recto. Dado que hay una isla central, una maniobra permisiva tradicional resultaría arriesgada. Los coches que se pararan a esperar el giro taponarían el tráfico directo. Esta situación la evita la fase Split, que separa temporalmente el acceso. De este modo todo el grupo de vehículos puede ir en conjunto hasta el lado norte de la isla. Esto evita que se produzcan colas que saturen la entrada a la intersección.

De igual manera, para el acceso Sur (SBL) se tomó la decisión de emplear la configuración Split. Dado que este acceso tiene una importante demanda de giro a la izquierda en carriles compartidos, la segregación temporal es clave. Esta estrategia permite aprovechar al máximo el tiempo de luz verde. De ese modo los vehículos pueden dar la vuelta a la isla

peatonal sin cruzarse con el tráfico en dirección contraria. En el modelo Synchro esto confirma una salida rápida y ordenada. También permite que el flujo de vehículos ingrese al eje principal sin detenerse en la zona de conflicto.

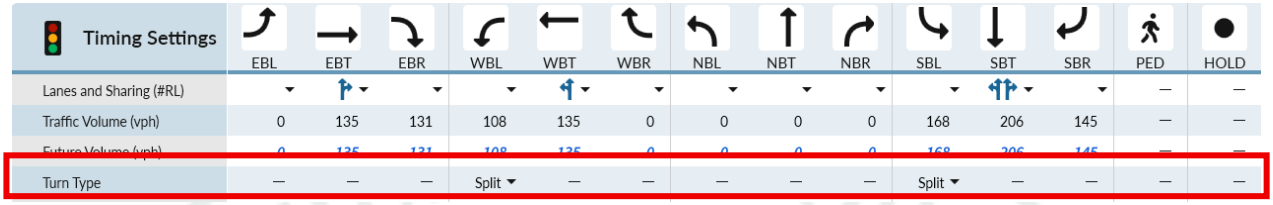
Para el acceso Este (EBL), que se encuentra en el otro extremo del eje principal, también se utilizó la fase Split. La razón técnica es que los flujos no son simétricos, y se necesita limpiar la vía compartida. Con un volumen de giro dominante frente al directo, una fase permisiva no funcionaría por no haber brechas seguras. La fase dividida garantiza que este flujo crítico tenga total prioridad para cruzar frente a la isla central antes de dar paso al sentido contrario. Esto permite conservar el equilibrio operativo del sistema.

Por último, se adoptó la configuración Prot o Fase Protegida para los giros tanto a la izquierda como a la derecha en el acceso Norte. Aquí, en forma distinta a los casos anteriores, se trata de proteger la trayectoria de los vehículos, por medio de intervalos exclusivos, tal como lo muestra la flecha verde. Para el giro a la izquierda es necesaria la protección, para evitar conflictos al cruzar la isla peatonal. Para el giro a la derecha, la fase protegida orienta continuamente el flujo alto. Esta configuración impide que la indecisión de los conductores para aceptar brechas produzca tiempos muertos. De esta manera, se logra una incorporación constante y segura a los carriles de salida.

Para el primer nodo:

Figura 123

Tipo de turno semafórico para el nodo N°1



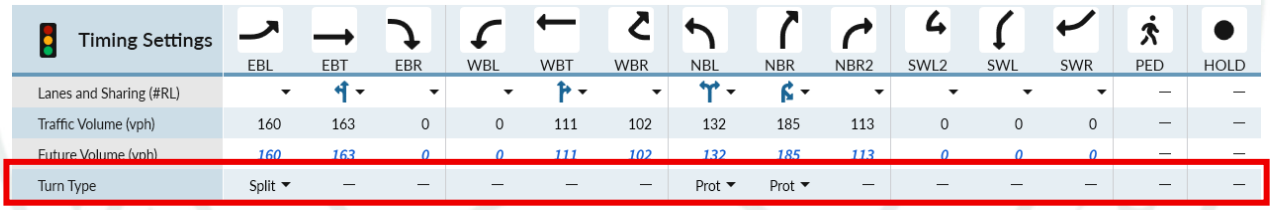
Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145	—	—
Future Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145	—	—
Turn Type	—	—	—	Split	—	—	—	—	—	Split	—	—	—	—

Nota. Se muestra la configuración del tipo de turno semafórico para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el segundo nodo:

Figura 124

Tipo de turno semafórico para el nodo N°2



Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0	—	—
Future Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0	—	—
Turn Type	Split	—	—	—	—	—	Prot	Prot	—	—	—	—	—	—

Nota. Se muestra la configuración del tipo de turno semafórico para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La quinta y la sexta fila, que corresponden a las Fases Protegidas (Protected Phases) y a las Fases Permitidas (Permitted Phases) establecen la estructura lógica del controlador y definen el orden de prioridades bajo el cual opera el sistema; estos valores se establecieron respetando la jerarquización vial de la intersección. La avenida Camaná es el eje principal de salida Norte-Sur y la calle Cayma es la vía secundaria con dirección Este-Oeste. Los tiempos de verde se ajustaron a la forma compleja de la isla central.

Para el Eje Arterial Norte-Sur se utilizó la asignación estándar de los movimientos principales. Al acceso Norte, con movimientos críticos de giro NBL y NBR bajo la configuración protegida, se le asignó la Fase 2. En esta fase se prioriza la descarga de la avenida. De este modo, los grandes volúmenes de giro entran a la intersección con derecho de paso total. Al acceso Sur se le asignó la Fase 6 para SBL y SBT. Esta distribución de las fases 2 y 6 permite al programa coordinar la banda verde a lo largo de la avenida principal. De esta manera, las maniobras secundarias no interrumpen la descarga del flujo principal.

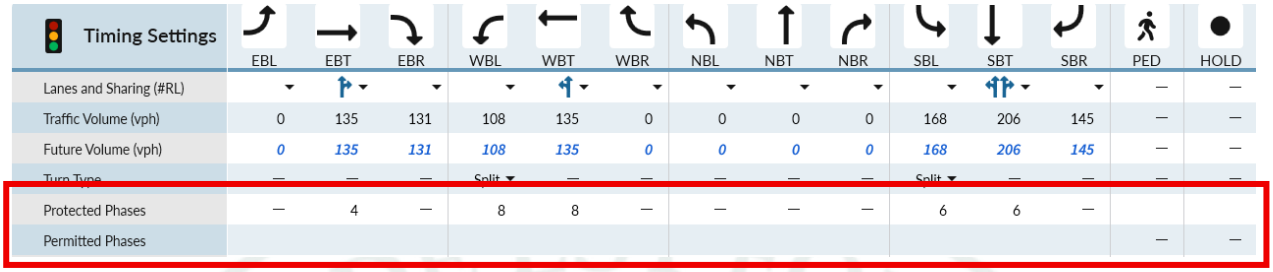
Para el Eje Secundario Este-Oeste, la lógica de control se estableció mediante las fases transversales 4 y 8. Al acceso Este EBL y EBT que opera bajo una restricción de capacidad por carriles compartido se le asignó la Fase 4, mientras que al acceso Oeste WBL y WBT se le asigno la Fase 8. Al separar estos movimientos en fases de anillo opuesto a la arteria principal, se garantiza que la Calle Cayma descargue de manera segregada, limpiando la zona de conflicto antes de devolver el control a la vía principal.

Finalmente, es imperativo destacar que la fila de Fases Permitidas se parametrizó como nula vacía para la totalidad de los accesos. Esta decisión de diseño de operación exclusivamente protegida, elimina la posibilidad de que los conductores realicen giros basándose en la aceptación de brechas. Dada la existencia de una mediana ancha o isla central no semaforizada, permitir movimientos permisivos incrementaría exponencialmente el riesgo de que vehículos queden atrapados bloqueando la intersección al no encontrar un espacio seguro para cruzar. La inhabilitación de fases permitidas fuerza al sistema a mover los flujos únicamente cuando existe garantía de despeje, validando así la seguridad operativa de los dos nodos.

Para el nodo N°1:

Figura 125

Codificación NEMA para nodo N°1



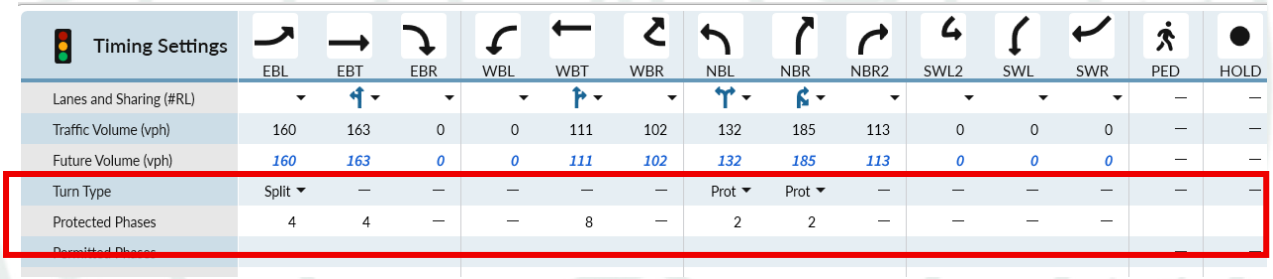
Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)													–	–
Traffic Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145	–	–
Future Volume (vph)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145	–	–
Turn Type	–	–	–	Split	–	–	–	–	–	Split	–	–	–	–
Protected Phases	–	4	–	8	8	–	–	–	–	6	6	–		
Permitted Phases													–	–

Nota. Se muestra la configuración NEMA para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 126

Codificación NEMA para nodo N°2



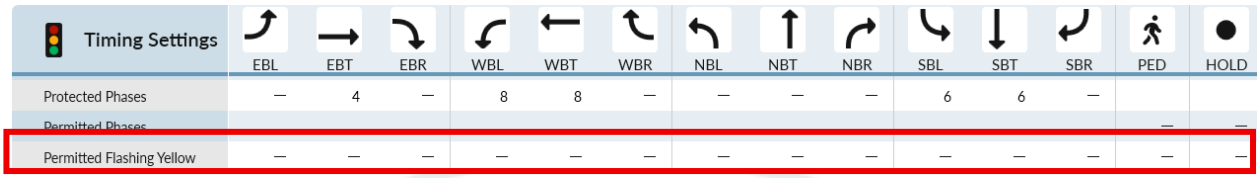
Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)													–	–
Traffic Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0	–	–
Future Volume (vph)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0	0	–	–
Turn Type	Split	–	–	–	–	–	Prot	Prot	–	–	–	–	–	–
Protected Phases	4	4	–	–	8	–	2	2	–	–	–	–		
Permitted Phases													–	–

Nota. Se muestra la configuración NEMA para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la séptima fila correspondiente a Permitted Flashing Yellow o Flecha Amarilla Intermitente, se marcó la opción "No"; esta configuración obedece a las condiciones reales de la infraestructura. Funciona con cabezales estándar, no tiene esa tecnología específica; si se omite, el programa calcula la capacidad de los giros con las reglas de prioridad actuales. De ese modo, no se sobreestima la seguridad de la maniobra.

Figura 127

Flecha amarilla intermitente



Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Protected Phases	–	4	–	8	8	–	–	–	–	6	6	–		
Permitted Phases													–	–
Permitted Flashing Yellow	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Nota. Se muestra la configuración de flecha amarilla intermitente en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Respecto al bloque comprendido entre la octava y la undécima fila, el cual incluye los campos "Detector Phases", "Switch Phase", "Leading Detector" y "Trailing Detector", el software habilita la posibilidad de configurar sistemas semafóricos actuados por el tráfico. Estas opciones están diseñadas para modelar intersecciones que emplean sensores físicos para modificar la duración de las luces verdes en tiempo real según la demanda. Sin embargo, para el presente modelo se prescindió de la parametrización de estas filas. Ya que los cambios de fase se ejecutan estrictamente según una programación horaria preestablecida y constante.

Figura 128

Parámetros de sistema actuado por el Tráfico



Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Permitted Flashing Yellow	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Detector Phases		4		8	8					6	6		–	–
Switch Phase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	–
Leading Detector (m)	–	0.0	–	–	0.0	–	–	–	–	–	0.0	–	–	–
Trailing Detector (m)	–	0.0	–	–	0.0	–	–	–	–	–	0.0	–	–	–
Minimum Initial (s)	–	1.0	–	1.0	1.0	–	–	–	–	1.0	1.0	–	–	–

Nota. Se muestra la configuración de los parámetros de sistema actuado por el tráfico en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la doceava fila, "Minimum Initial", se define el tiempo de verde más corto garantizado para una fase. Dado que la intersección opera con tiempos fijos, este parámetro no condiciona el funcionamiento del semáforo; sin embargo, se asignó un valor estimativo de seguridad, respetando el umbral mínimo superior o igual a 1 segundo requerido para la validación lógica del modelo.

Figura 129

Tiempo verde mínimo

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR	PED	HOLD
Switch Phase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	–
Leading Detector (m)	–	0.0	–	–	0.0	–	0.0	0.0	–	–	–	–	–	–
Trailing Detector (m)	–	0.0	–	–	0.0	–	0.0	0.0	–	–	–	–	–	–
Minimum Initial (s)	1.0	1.0	–	–	1.0	–	1.0	1.0	–	–	–	–	–	–
Minimum Split (s)	28.0	28.0	–	–	25.0	–	28.0	28.0	–	–	–	–	–	–

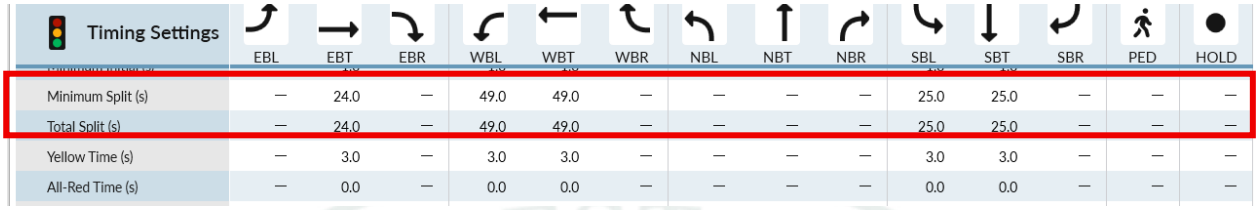
Nota. Se muestra la configuración del tiempo verde minimo en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la decimotercera línea, “Minimum Split”, se indica el tiempo mínimo absoluto de cada fase. Debe ser un valor suficiente para cubrir el intervalo inicial y garantizar la seguridad básica del movimiento.

Seguidamente, en la decimocuarta fila se encuentra la fila de "Total Split". Es el tiempo total que se ha asignado a la fase dentro del ciclo y que, en teoría, se puede alargar para que sirva a la gestión de acontecimientos de duración prolongada, tales como las interrupciones debidas a los pasos a nivel con puente levadizo o cruce ferroviario. En el modelo, se empleó el valor igual al Minimum Split, esto en obediencia a que la intersección no tiene condiciones atípicas ni interferencias externas; por ello, el tiempo total se ajustó a su mínimo técnico para optimizar la eficiencia del ciclo sin causar demoras innecesarias.

Figura 130

Tiempo de verde asignado



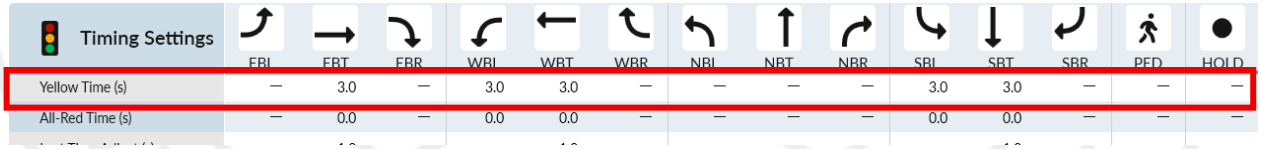
Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Minimum Split (s)	–	24.0	–	49.0	49.0	–	–	–	–	25.0	25.0	–	–	–
Total Split (s)	–	24.0	–	49.0	49.0	–	–	–	–	25.0	25.0	–	–	–
Yellow Time (s)	–	3.0	–	3.0	3.0	–	–	–	–	3.0	3.0	–	–	–
All-Red Time (s)	–	0.0	–	0.0	0.0	–	–	–	–	0.0	0.0	–	–	–

Nota. Se muestra la configuración del tiempo de verde asignado en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la decimoquinta fila, Yellow Time, se define la duración del intervalo de luz ámbar para los accesos. Si bien los estándares establecen que este tiempo debe oscilar en un rango de 3 a 5 segundos, para el presente estudio se ingresó el valor medido en campo, cuyo registro y validación se detallan en la Figura 131.

Figura 131

Tiempo de Amarillo Asignado



Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Yellow Time (s)	–	3.0	–	3.0	3.0	–	–	–	–	3.0	3.0	–	–	–
All-Red Time (s)	–	0.0	–	0.0	0.0	–	–	–	–	0.0	0.0	–	–	–

Nota. Se muestra la configuración de tiempo de amarillo asignado en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Quedando el ciclo semafórico de la siguiente manera

Para el primer nodo:

Figura 132

Ciclo semafórico del nodo N°1



Nota. Se muestra el ciclo semafórico del nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el segundo nodo:

Figura 133

Ciclo semafórico del nodo N°2



Nota. Se muestra el ciclo semafórico del nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la decimosexta fila, “All-Red Time”, se define el intervalo de seguridad conocido como "Todo Rojo". Este parámetro corresponde al tiempo en el que todas las señales de la intersección permanecen en rojo simultáneamente, permitiendo la evacuación total de los vehículos rezagados antes de habilitar el verde para el flujo siguiente. En el presente estudio, durante el levantamiento de información en campo no se registró la existencia de este intervalo en la secuencia semafórica actual.

Figura 134

Tiempo de todo rojo asignado

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Yellow Time (s)	—	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—	—	3.0	3.0	—	—	—
All-Red Time (s)	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	—	—	0.0	0.0	—	—	—

Nota. Se muestra la configuración del tiempo de todo rojo asignado en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

en la decimoséptima fila “Lost Time Adjust”, se define un factor de corrección para el tiempo perdido operativo. Se consideró un valor de 1.0 segundo, el cual actúa como un margen de calibración técnica para ajustar el tiempo de verde efectivo, descontando las pequeñas demoras de reacción.

Figura 135

Ajuste por tiempo perdido

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Yellow Time (s)	–	3.0	–	3.0	3.0	–	–	–	–	3.0	3.0	–	–	–
All-Red Time (s)	–	0.0	–	0.0	0.0	–	–	–	–	0.0	0.0	–	–	–
Lost Time Adjust (s)	–	1.0	–	–	1.0	–	–	–	–	–	1.0	–	–	–

Nota. Se muestra la configuración del ajuste por tiempo perdido en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la vigésima fila, “Recall Mode”, se define el modo de retorno o llamada de la fase. Se seleccionó la opción “Max”; esta configuración fuerza al controlador a ejecutar siempre la fase hasta completar su duración máxima programada. Dado que el sistema opera con Tiempos Fijos y sin sensores, esta función garantiza que el tiempo de verde se despliegue en su totalidad en cada ciclo, asegurando que la fase no sea omitida ni acortada.

Figura 136

Modo de retorno de cada fase

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR	PED	HOLD
Allow Lead/Lag Optimize?	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Recall Mode	Max	Max	–	–	Max	–	Max	Max	–	–	–	–	–	–

Nota. Se muestra la configuración del método de retorno de cada fase en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Finalmente, en la parte inferior de la planilla Timing Settings, el software reporta las Medidas de efectividad resultantes de la modelación. Estos indicadores cuantifican el rendimiento de la intersección bajo la configuración ingresada:

- Control Delay (s): Representa la demora promedio experimentada por cada vehículo debido exclusivamente a la operación del semáforo. Este valor incluye el tiempo perdido por desaceleración, la espera en luz roja y la aceleración posterior hasta recuperar la velocidad de marcha.
- Queue Delay (s): Cuantifica el tiempo extra que genera el bloqueo de colas. Este fenómeno se produce cuando la columna de vehículos sobrepasa la capacidad de almacenamiento del carril, o cuando un movimiento bloquea a otro, generando tiempos muertos no programados.
- Total Delay (s): Es el indicador de desempeño final para el usuario. Es la suma aritmética de la Demora de Control más la Demora por Cola, lo que refleja el tiempo total promedio que pierde un conductor al tratar de cruzar la intersección.
- Level of Service (LOS): Corresponde al Nivel de Servicio, una calificación cualitativa estandarizada por el Highway Capacity Manual (HCM). Este indicador asigna una letra de la "A" operación óptima a la "F" flujo forzado basándose estrictamente en el valor de la Demora Total calculada, permitiendo un diagnóstico rápido de la situación operativa.

Para el nodo N°1:

Figura 137

Demoras y nivel de servicio del nodo N°1

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lost Time Adjust (s)	—	1.0	—	—	1.0	—	—	—	—	—	1.0	—	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	Max	Max	—	—	—	—	Max	Max	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	20	—	—	20	—	—	30	—	—	30	—	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	*20.0*	—	—	*45.0*	—	—	—	—	—	*21.0*	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	*0.20*	—	—	*0.46*	—	—	—	—	—	*0.21*	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	*1.14*	—	—	*0.36*	—	—	—	—	—	*1.03*	—	—	—
Control Delay (s)	—	*136.8*	—	—	*4.4*	—	—	—	—	—	*86.2*	—	—	—
Queue Delay (s)	—	*0.3*	—	—	*0.0*	—	—	—	—	—	*0.0*	—	—	—
Total Delay (s)	—	*137.2*	—	—	*4.4*	—	—	—	—	—	*86.2*	—	—	—
Level of Service	—	*F*	—	—	*A*	—	—	—	—	—	*F*	—	—	—
Approach Delay (s)	—	*137.2*	—	—	*4.4*	—	—	—	—	—	*86.2*	—	—	—
Approach LOS	—	*F*	—	—	*A*	—	—	—	—	—	*F*	—	—	—

Nota. Se muestra los resultados de demoras y nivel de servicio del nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 138

Demoras y nivel de servicio del nodo N°2

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR	PED	HOLD
Lost Time Adjust (s)	—	1.0	—	—	1.0	—	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	—	Max	—	Max	Max	—	—	—	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	20	—	—	20	—	30	—	—	—	30	—	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	*45.0*	—	—	*20.0*	—	*21.0*	*21.0*	—	—	—	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	*0.46*	—	—	*0.20*	—	*0.21*	*0.21*	—	—	—	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	*0.50*	—	—	*0.84*	—	*0.77*	*0.95*	—	—	—	—	—	—
Control Delay (s)	—	*5.1*	—	—	*64.5*	—	*53.7*	*85.7*	—	—	—	—	—	—
Queue Delay (s)	—	*0.0*	—	—	*0.0*	—	*0.4*	*0.0*	—	—	—	—	—	—
Total Delay (s)	—	*5.1*	—	—	*64.5*	—	*54.1*	*85.7*	—	—	—	—	—	—
Level of Service	—	*A*	—	—	*E*	—	*D*	*F*	—	—	—	—	—	—
Approach Delay (s)	—	*5.1*	—	—	*64.5*	—	*69.4*	—	—	—	—	—	—	—
Approach LOS	—	*A*	—	—	*E*	—	*E*	—	—	—	—	—	—	—

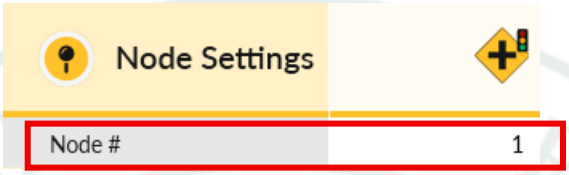
Nota. Se muestra los resultados de demoras y nivel de servicio del nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.2.8.6 Planilla Node Settings

En la primera fila “Node” el programa le asignó un número de nodo a la intersección.

Figura 139

Número de nodo

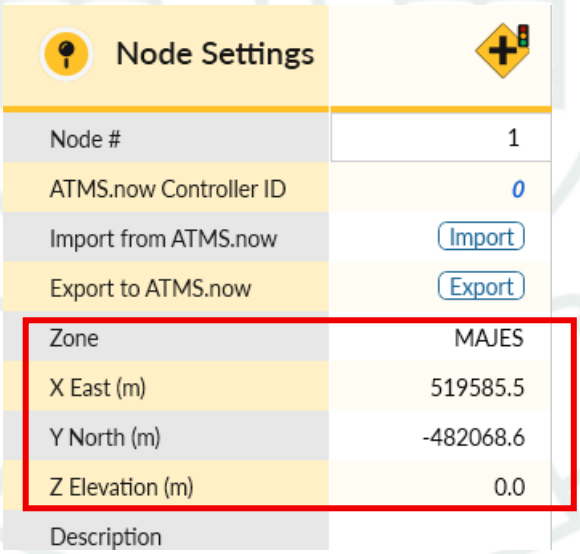


Nota. Se muestra el número de nodo en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la quinta fila “Zone” es la zona donde se encuentra la intersección y Las 3 siguientes filas “X East”, “Y North” y “Z Elevation” son para las coordenadas x, y, z de la ubicación de la intersección.

Figura 140

Coordenadas de ubicación del nodo



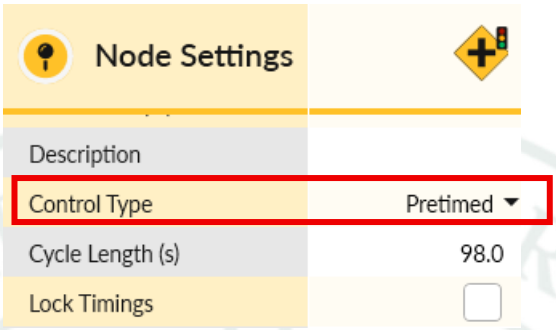
Nota. Se muestra las coordenadas de la ubicación del nodo en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la décima fila, “Control Type”, se seleccionó la opción “Pretimed”. Esto indica que el semáforo funciona con tiempos fijos y no depende de la demanda vehicular obedeciendo a

una programación constante que no varía, haya o no haya tráfico.

Figura 141

Tipo de control semafórico

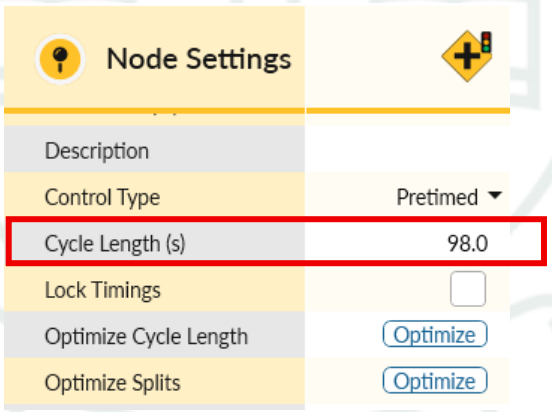


Nota. Se muestra la configuración del tipo de control semafórico en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la onceava fila "Cycle Length" hace referencia a la duración de todo el ciclo en segundos, es la suma de todos los tiempos de las fases en la intersección.

Figura 142

Longitud del ciclo actual

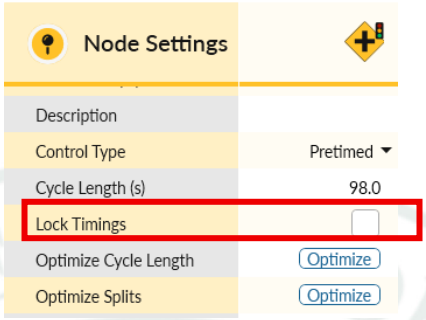


Nota. Se muestra la configuración de la longitud del ciclo actual en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En la doceava fila "Lock Timings" se utiliza para retener o evitar que cambie el tiempo en las fases de la intersección, en nuestro caso no lo activamos ya que no se requiere que se detenga el tiempo.

Figura 143

Bloqueo de tiempos



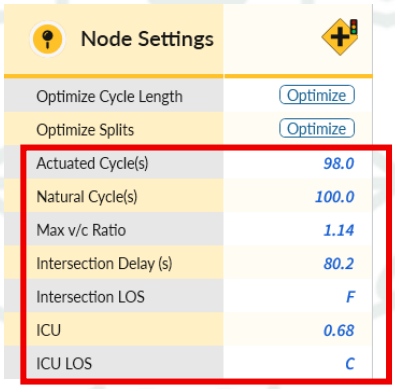
Nota. Se muestra la configuración de bloqueo de tiempos en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Finalmente se muestran los resultados finales de los cálculos que realizó el programa en base a la información que insertamos en todas las plantillas. Estos cálculos están basados en base a la metodología del Manual HCM 2022. Los resultados se muestran a continuación

Para el nodo N°1:

Figura 144

Consolidado de demoras y nivel de servicio nodo N°1



Nota. Se muestra el consolidado de demoras y nivel de servicio del nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 145

Consolidado de demoras y nivel de servicio nodo N°2

Node Settings	
Optimize Cycle Length	Optimize
Optimize Splits	Optimize
Actuated Cycle(s)	98.0
Natural Cycle(s)	100.0
Max v/c Ratio	0.95
Intersection Delay (s)	47.0
Intersection LOS	D
ICU	0.68
ICU LOS	C

Nota. Se muestra el consolidado de demoras y nivel de servicio del nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Volúmenes vehiculares por acceso

Figura 146

Vista grafica de volúmenes vehiculares por acceso en Synchro



Nota. Se muestra la vista grafica de los volúmenes vehiculares por acceso en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

LOS: Niveles de servicio por acceso

Figura 147

Vista grafica de niveles de servicio por acceso en Synchro

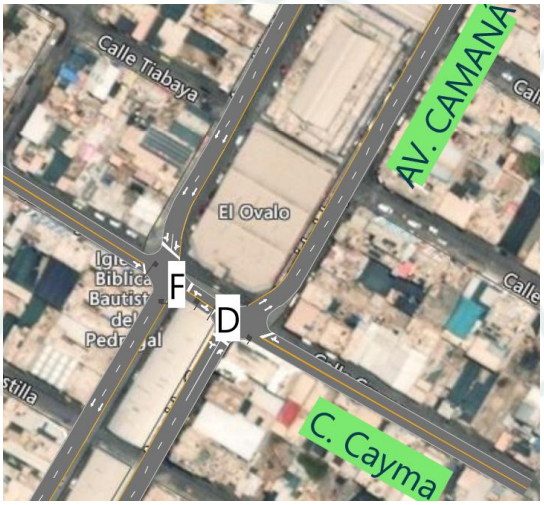


Nota. Se muestra la vista grafica de niveles de servicio por acceso en Synchro en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

LOS: Nivel de servicio

Figura 148

Vista grafica del nivel de servicio general por nodo en Synchro

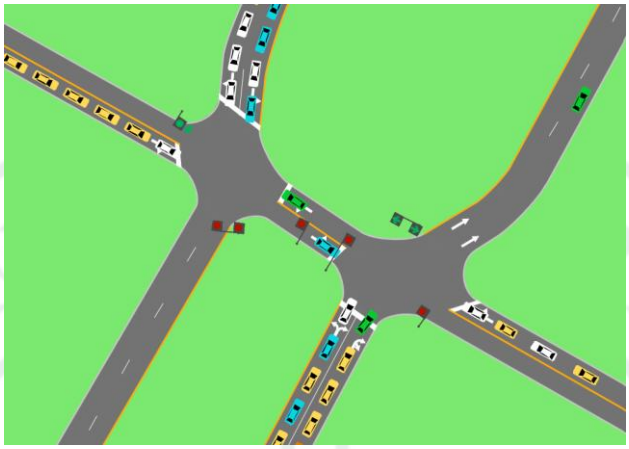


Nota. Se muestra la vista grafica del nivel de servicio general por nodo en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Simulación del tráfico actual en 2D

Figura 149

Vista grafica de la simulación del tráfico actual 2D en Synchro



Nota. Se muestra la vista grafica de la simulación del tráfico actual 2D en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

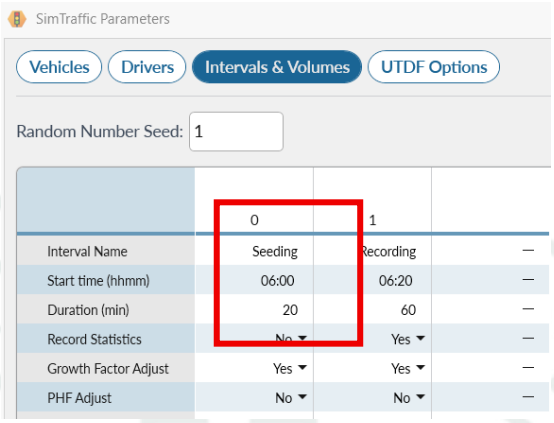
4.2.2.9 Calibración por volúmenes vehiculares

Para calibrar el modelo, se empleó el software complementario SimTraffic V.12 para poder evaluar el parámetro del flujo vehicular.

Se configuró un intervalo de seeding o calentamiento de 20 minutos, comprendido entre las 06:30 y 06:50 horas de simulación.

Figura 150

Asignación de periodo de calentamiento

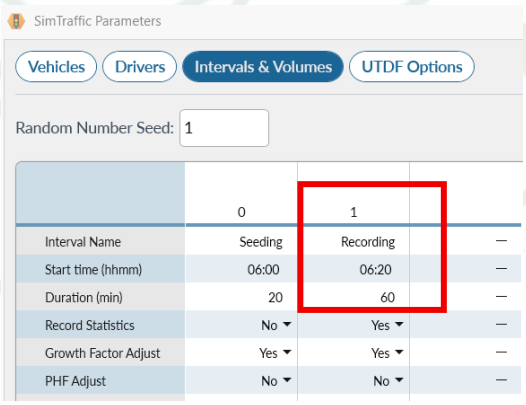


Nota. Se muestra la Asignación de periodo de calentamiento en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Este tiempo de saturación previa permitió que el algoritmo de asignación vehicular estabilizara la formación de colas antes del inicio del registro oficial de datos. Posteriormente, se procedió a la captura de indicadores durante un intervalo de grabación de 60 minutos continuos, de 06:50 a 07:50 horas.

Figura 151

Asignación de tiempo de recording



Nota. Se muestra la Asignación de tiempo de recording en el Software Synchro V.12, Fuente propia

Cubriendo íntegramente la Hora de Máxima Demanda (HMD) de 06:00 a 07:00 horas establecidas en el diagnóstico de campo, Es así que con dichas consideraciones, se estableció un tiempo total de 4800 segundos como periodo de simulación.

La calibración por volúmenes vehiculares se realiza sobre la base del parámetro denominado GEH, el cual es una fórmula estadística empírica que compara dos volúmenes de conjuntos de tráfico: los obtenidos en campo frente a los obtenidos producto de la modelación. La fórmula empleada se describe a continuación:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(E-V)^2}{E+V}}$$

Donde:

GEH: funciona como el indicador estadístico.

E: representa el volumen estimado por el modelo.

V: es el volumen medido en campo.

Los valores más pequeños de GEH indican un mejor ajuste; en general, valores de GEH menores a 5 indican que el modelo se encuentra calibrado de acuerdo con los lineamientos del The Traffic Modelling Guidelines producido por Transport for London (TfL). La interpretación de estos rangos se detalla en el siguiente Cuadro de rango de valores de GEH:

Tabla 12

Valores GEH

GEH	Indicador Estadístico
0.0 - 5.0	Variación permisible (Modelo Calibrado).
5.0 - 10.0	Requiere justificación.
10.0 a más	Alta probabilidad de un problema con el modelo.

Nota. Se muestra los valores de GEH, adaptado de TLF 2022

Figura 152

Volúmenes vehiculares corridas del 1 al 20

Run Number	1	2	3	4	5	6	7
Start Time	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30
End Time	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50
Total Time (min)	80	80	80	80	80	80	80
Time Recorded (min)	60	60	60	60	60	60	60
# of Intervals	2	2	2	2	2	2	2
# of Recorded Intervals	1	1	1	1	1	1	1
Vehs Entered	1401	1475	1466	1414	1370	1402	143
Vehs Exited	1396	1409	1428	1420	1377	1342	1363

Run Number	8	9	10	11	12	13	14
Start Time	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30
End Time	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50
Total Time (min)	80	80	80	80	80	80	80
Time Recorded (min)	60	60	60	60	60	60	60
# of Intervals	2	2	2	2	2	2	2
# of Recorded Intervals	1	1	1	1	1	1	1
Vehs Entered	1438	1440	1396	1393	1405	1488	144
Vehs Exited	1386	1427	1380	1394	1359	1417	1383

Run Number	15	16	17	18	19	20	Avg
Start Time	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30	6:30
End Time	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50	7:50
Total Time (min)	80	80	80	80	80	80	80
Time Recorded (min)	60	60	60	60	60	60	60
# of Intervals	2	2	2	2	2	2	2
# of Recorded Intervals	1	1	1	1	1	1	1
Vehs Entered	1428	1468	1412	1430	1443	1410	1429
Vehs Exited	1369	1353	1399	1397	1401	1385	1389

Nota. Se muestra los volúmenes vehiculares obtenidos en las corridas 1 al 20 en el Software Synchro V.12, Fuente propia

Tabla 13

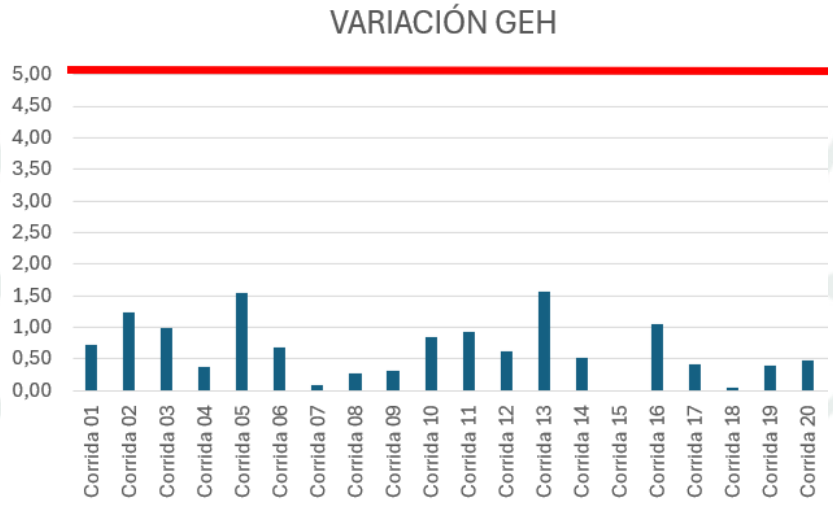
Valores GEH calculados

N° de Corrida	Vehículos Ingresados	GEH	N° de Corrida	Vehículos Ingresados	GEH
Corrida 01	1401	0,72	**Corrida 11**	1393	0,93
Corrida 02	1475	1,23	**Corrida 12**	1405	0,61
Corrida 03	1466	1,00	**Corrida 13**	1488	1,57
Corrida 04	1414	0,37	**Corrida 14**	1448	0,53
Corrida 05	1370	1,55	**Corrida 15**	1428	0,00
Corrida 06	1402	0,69	**Corrida 16**	1468	1,05
Corrida 07	1431	0,08	**Corrida 17**	1412	0,42
Corrida 08	1438	0,26	**Corrida 18**	1430	0,05
Corrida 09	1440	0,32	**Corrida 19**	1443	0,40
Corrida 10	1396	0,85	**Corrida 20**	1410	0,48

Nota. Se muestra los valores GEH calculados en las corridas 1 al 20, Elaboración propia

Figura 153

Variación GEH



Nota. Se muestra los valores GEH calculados en las corridas 1 al 20, Elaboración propia

Los diferentes resultados se sitúan en el umbral óptimo de calibración, representando una desviación estadística significativamente menor al límite de 5.0 establecido, esta coincidencia prácticamente total entre la salida real y la simulación con el modelo demuestra que la red digital es una réplica fiel de la realidad operativa.

4.2.2.10 Calibración HCM 2022 y Synchro 12 del modelo

4.2.2.10.1 Diferenciación de motores de cálculo en el entorno de simulación

Con el fin de continuar con el proceso de calibración, se procedió a evaluar la red vial mediante dos metodologías de cálculo totalmente independientes en el software Synchro V.12. Como resultado de este procesamiento simultáneo, se generaron dos reportes distintos.

Reporte HCM 7ma Edición: Se constató que este primer reporte operó exclusivamente como una herramienta analítica, transcribiendo y aplicando literalmente las formulaciones del Highway Capacity Manual 2022; se evaluó el cruce vial con parámetros macroscópicos rígidos. Esta rigidez metodológica hacía que el algoritmo castigara fuertemente e incluso imposibilitara el cálculo de la Demora de Control cuando las condiciones geométricas o de movimiento no eran ideales; por eso, en el proceso de calibración, este reporte señaló con claridad cuáles variables operativas requerían ajustar sus valores para que el estándar internacional reflejara la realidad física de la vía.

Reporte de Synchro: En contraparte, para la obtención del segundo reporte, el escenario vial se procesó mediante el motor de cálculo nativo del software. A diferencia de la rigidez del patrón normativo, este algoritmo se apoyó en un enfoque de micro simulación dinámica. Con ello se pudo modelar la fricción real del flujo vehicular. Al ejecutarse, permitió incorporar el comportamiento de adaptación de los usuarios, el procesamiento de la interacción en carriles de uso compartido, los fenómenos de filtración lateral y la formación de colas residuales. Por ello, los indicadores de este reporte se consideraron la línea de control empírica a la que debían

acercarse los resultados del modelo HCM.

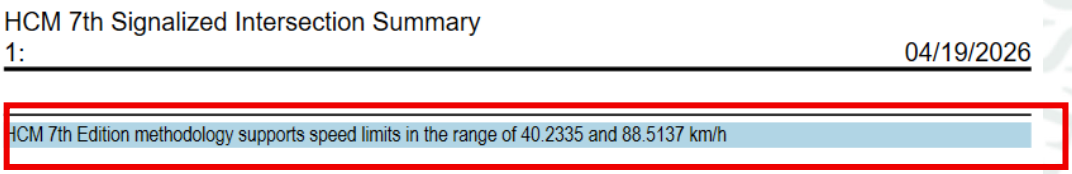
4.2.2.10.2 Restricciones en el reporte HCM 2022 en Synchro V.12

Al procesar el escenario con la metodología HCM 2022, el algoritmo del software bloqueó la generación del indicador de Nivel de Servicio y el indicador de Demora de Control, además, se comprobó que este fallo de convergencia no era debido a un error de datos, sino más bien, fue causado por una restricción de los parámetros propia del estándar normativo, lo que impidió calcular la intersección al inicio.

Con respecto a la restricción cinemática basada en un umbral mínimo de velocidad directriz, se tiene. En primer lugar, se comprobó que las fórmulas del HCM sólo son válidas dentro de un rango estrecho de velocidad operativa. El algoritmo normativo requiere un umbral cinemático mínimo de 40,23 km/h, equivalente a la métrica estadounidense original de 25 mph.

Figura 154

Restricciones de reporte HCM 2022



Nota. Se muestra una captura sobre restricción para la generación de reporte HCM en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

La introducción de los datos de campo en el software puso de manifiesto una importante limitación técnica. La avenida Camaná tiene una velocidad directriz de 40 km/h, mínimo aceptable para el modelo. Al introducir los datos de la calle Cayma, surgió un problema, pues su norma urbana establece un límite máximo de 30 km/h. El programa al comparar ambas variables rechazó la velocidad de esta vía transversal por estar fuera del rango de diseño. Esta diferencia impidió que el sistema pudiera calcularlo. Por lo tanto, no se pudo evaluar la

intersección.

Para superar la restricción del programa se ajustó la velocidad manualmente a 41 km/h. Este cambio es una solución operativa para habilitar únicamente el motor de cálculo del HCM 2022. El cambiar este valor no invalida la simulación cuando se compara con lo que ocurre en campo. En las vías congestionadas, la velocidad de los vehículos antes de llegar al cruce no tiene importancia. El parámetro que impera en el modelo es la demora de control provocada por la fricción del tráfico. Una vez que el sistema estuvo en marcha, se procesaron los tiempos de espera y la carga en los accesos. La línea base obtenida representa fielmente el comportamiento físico de la intersección.

4.2.2.10.3 Análisis de resultados HCM y resultados Synchro V.12

Se realizó el procesamiento y la contrastación de los indicadores operativos obtenidos a través de la micro simulación dinámica y el estándar normativo para consolidar la línea base del estudio. El análisis consistió en la evaluación de parámetros de desempeño vehicular en cada acceso y nodo, lo que permitió validar la representatividad del modelo frente a la saturación observada en la zona de estudio. Este procedimiento facilitó la identificación de las variaciones operativas entre los motores de cálculo

Resultados HCM 2022:

Para el nodo 1

Figura 155

Resultados escenario base HCM 2022 Nodo 1

Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Traffic Volume (veh/h)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (veh/h)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Initial Q (Qb), veh	0	0	0	0	0	0				0	0	0
Lane Width Adj.	1.00	1.00	1.00	1.04	1.04	1.00				1.00	1.04	1.04
Ped-Bike Adj(A_pbT)	1.00		0.76	1.00		1.00				1.00		0.65
Parking Bus, Adj	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				1.00	1.00	0.80
Work Zone On Approach		No			No						No	
Adj Sat Flow, veh/h/ln	0	1575	1575	1638	1638	0				1575	1638	1638
Adj Flow Rate, veh/h	0	157	141	117	152	0				183	234	159
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.93	0.92	0.89	0.93				0.92	0.88	0.91
Percent Heavy Veh, %	0	0	0	0	0	0				0	0	0
Cap, veh/h	0	135	121	320	416	0				166	210	135
Arrive On Green	0.00	0.20	0.21	0.15	0.15	0.00				0.22	0.21	0.22
Sat Flow, veh/h	0	660	592	697	906	0				775	981	631
Grp Volume(v), veh/h	0	0	298	269	0	0				377	0	199
Grp Sat Flow(s),veh/h/ln	0	0	1252	1603	0	0				1599	0	788
Q Serve(g_s), s	0.0	0.0	20.0	14.8	0.0	0.0				21.0	0.0	21.0
Cycle Q Clear(g_c), s	0.0	0.0	20.0	14.8	0.0	0.0				21.0	0.0	21.0
Prop In Lane	0.00		0.47	0.43		0.00				0.48		0.80
Lane Grp Cap(c), veh/h	0	0	256	736	0	0				343	0	169
V/C Ratio(X)	0.00	0.00	1.17	0.37	0.00	0.00				1.10	0.00	1.18
Avail Cap(c_a), veh/h	0	0	256	736	0	0				343	0	169
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00				1.00	1.00	1.00
Upstream Filter(I)	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00				1.00	0.00	1.00
Uniform Delay (d), s/veh	0.0	0.0	38.8	28.7	0.0	0.0				38.3	0.0	38.1
Incr Delay (d2), s/veh	0.0	0.0	108.8	1.4	0.0	0.0				78.7	0.0	124.1
Initial Q Delay(d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0	0.0	0.0
%ile BackOfQ(50%),veh/ln	0.0	0.0	11.7	3.4	0.0	0.0				12.7	0.0	8.4
Unsig. Movement Delay, s/veh												
LnGrp Delay(d), s/veh	0.0	0.0	147.5	30.1	0.0	0.0				117.0	0.0	162.2
LnGrp LOS			F	C						F		F
Approach Vol, veh/h		298			269						576	
Approach Delay, s/veh		147.5			30.1						132.6	
Approach LOS		F			C						F	

Timer - Assigned Phs		4		6		8
Phs Duration (G+Y+Rc), s		24.0		25.0		49.0
Change Period (Y+Rc), s		3.0		3.0		3.0
Max Green Setting (Gmax), s		21.0		22.0		46.0
Max Q Clear Time (g_c+I1), s		0.0		0.0		0.0
Green Ext Time (p_c), s		0.0		0.0		0.0

Intersection Summary		
HCM 7th Control Delay, s/veh	112.4	
HCM 7th LOS	F	

Nota. Se muestra reporte HCM 2022 del nodo 1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo 2

Figura 156

Resultados escenario base HCM 2022 Nodo 2

Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL	SWR
Lane Configurations											
Traffic Volume (veh/h)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0
Future Volume (veh/h)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0
Initial Q (Qb), veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Lane Width Adj.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.04	1.04		
Ped-Bike Adj(A_pbT)	1.00		1.00	1.00		0.79	1.00	0.64	0.64		
Parking Bus, Adj	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.92		
Work Zone On Approach		No			No		No				
Adj Sat Flow, veh/h/ln	1575	1575	0	0	1638	1575	1575	1638	1638		
Adj Flow Rate, veh/h	174	177	0	0	123	113	147	127	127		
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.25	0.88	0.90	0.90	0.90	0.94	0.89		
Percent Heavy Veh, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cap, veh/h	350	356	0	0	141	129	321	95	95		
Arrive On Green	0.47	0.46	0.00	0.00	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22		
Sat Flow, veh/h	762	775	0	0	689	633	1500	446	446		
Grp Volume(v), veh/h	351	0	0	0	0	236	147	324	324		
Grp Sat Flow(s),veh/h/ln	1537	0	0	0	0	1321	1500	1137	1137		
Q Serve(g_s), s	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	8.4	21.0	21.0		
Cycle Q Clear(g_c), s	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	8.4	21.0	21.0		
Prop In Lane	0.50		0.00	0.00		0.48	1.00	0.39	0.39		
~~Lane Grp Cap(c), veh/h~~	~~706~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~	~~0~~	~~270~~	~~321~~	~~244~~	~~244~~		
V/C Ratio(X)	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.46	1.33	1.33		
Avail Cap(c_a), veh/h	706	0	0	0	0	270	321	244	244		
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Upstream Filter(I)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Uniform Delay (d), s/veh	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	33.5	38.3	38.3		
Incr Delay (d2), s/veh	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	4.6	174.1	174.1		
Initial Q Delay(d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
%ile BackOfQ(50%),veh/ln	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	2.4	15.5	15.5		
Unsig. Movement Delay, s/veh											
LnGrp Delay(d), s/veh	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	67.9	38.2	212.4	212.4		
LnGrp LOS	C					E	D	F	F		
Approach Vol, veh/h		351			236		471				
~~Approach Delay, s/veh~~		~~20.9~~			~~67.9~~		~~158.0~~				
Approach LOS		C			E		F				
Timer - Assigned Phs		2		4				8			
Phs Duration (G+Y+Rc), s		25.0		49.0				24.0			
Change Period (Y+Rc), s		3.0		3.0				3.0			
Max Green Setting (Gmax), s		22.0		46.0				21.0			
Max Q Clear Time (g_c+I1), s		0.0		0.0				0.0			
~~Green Ext Time (p_c), s~~		~~0.0~~		~~0.0~~				~~0.0~~			
Intersection Summary											
HCM 7th Control Delay, s/veh			92.4								
HCM 7th LOS			F								

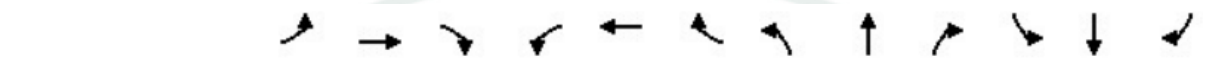
Nota. Se muestra reporte HCM 2022 del nodo 2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Resultados Software Synchro V.12:

Para el nodo 1

Figura 157

Resultados Software Synchro V.12 escenario base Nodo 1



Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Queue Delay		0.0			0.0						0.0	
Total Delay (s/veh)		136.8			2.2						86.2	
LOS		F			A						F	
Approach Delay (s/veh)		136.8			2.2						86.2	
Approach LOS		F			A						F	
Stops (vph)		214			7						448	
Fuel Used(l)		34			1						52	
CO Emissions (g/hr)		634			22						976	
NOx Emissions (g/hr)		122			4						188	
VOC Emissions (g/hr)		146			5						225	
Dilemma Vehicles (#)		0			0						0	
Queue Length 50th (m)		~66.4			0.7						~62.1	
Queue Length 95th (m)		#108.5			m4.0						#91.6	
Internal Link Dist (m)		78.8			2.2			51.1			4.4	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		261			739						557	
Starvation Cap Reductn		0			0						0	
Spillback Cap Reductn		0			0						0	
Storage Cap Reductn		0			0						0	
Reduced v/c Ratio		1.14			0.36						1.03	

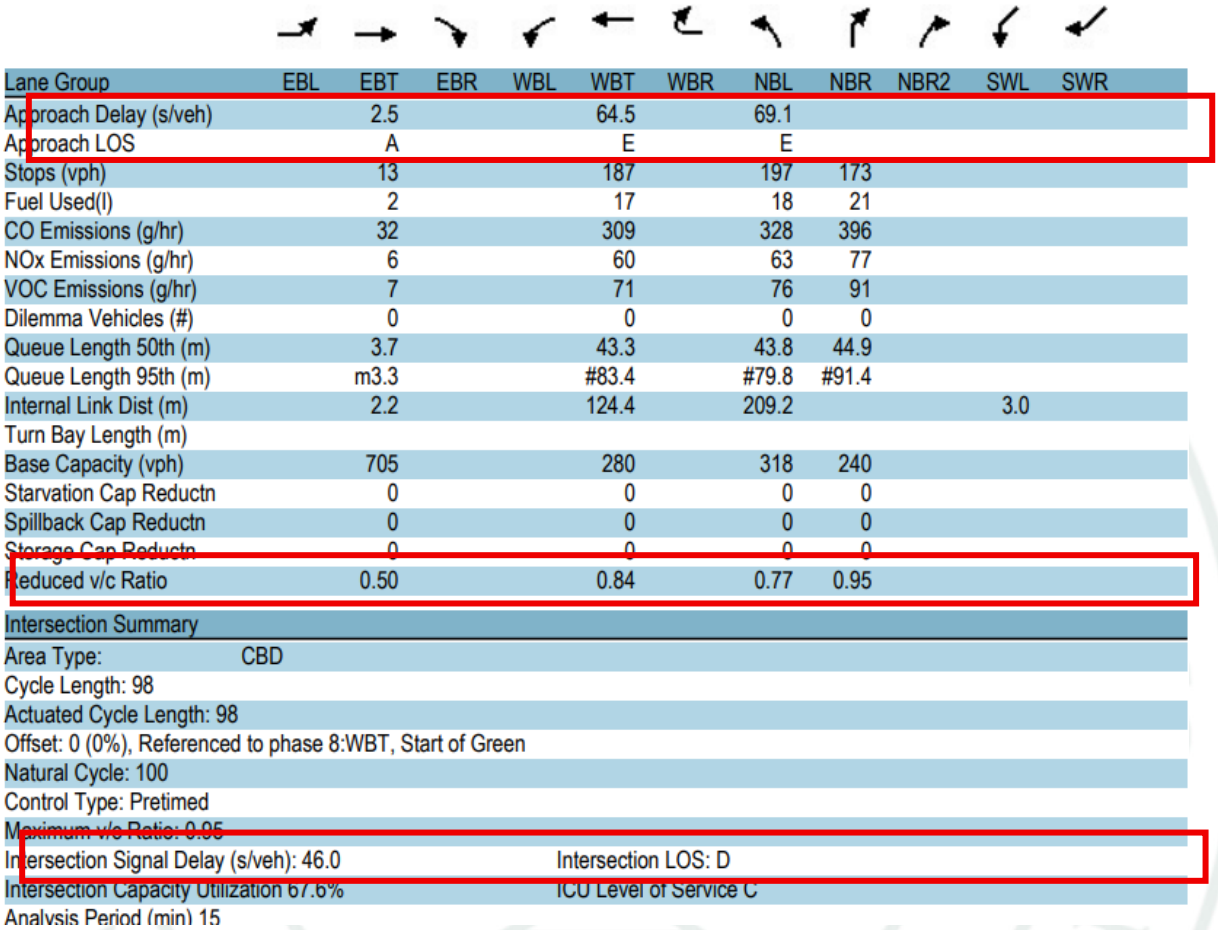
Intersection Summary			
Area Type:	CBD		
Cycle Length: 98			
Actuated Cycle Length: 98			
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 8:WBTL, Start of Green			
Natural Cycle: 100			
Control Type: Pretimed			
Maximum v/c Ratio: 1.14			
Intersection Signal Delay (s/veh): 79.6		Intersection LOS: E	
Intersection Capacity Utilization 68.0%		ICU Level of Service C	
Analysis Period (min) 15			

Nota. Se muestra el resumen del reporte del nodo 1 del Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo 2

Figura 158

Resultados Software Synchro V.12 escenario base Nodo 2



Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL	SWR
Approach Delay (s/veh)		2.5			64.5		69.1				
Approach LOS		A			E		E				
Stops (vph)		13			187		197	173			
Fuel Used(l)		2			17		18	21			
CO Emissions (g/hr)		32			309		328	396			
NOx Emissions (g/hr)		6			60		63	77			
VOC Emissions (g/hr)		7			71		76	91			
Dilemma Vehicles (#)		0			0		0	0			
Queue Length 50th (m)		3.7			43.3		43.8	44.9			
Queue Length 95th (m)		m3.3			#83.4		#79.8	#91.4			
Internal Link Dist (m)		2.2			124.4		209.2			3.0	
Turn Bay Length (m)											
Base Capacity (vph)		705			280		318	240			
Starvation Cap Reductn		0			0		0	0			
Spillback Cap Reductn		0			0		0	0			
Storage Cap Reductn		0			0		0	0			
Reduced v/c Ratio		0.50			0.84		0.77	0.95			

Intersection Summary			
Area Type:	CBD		
Cycle Length: 98			
Actuated Cycle Length: 98			
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 8:WBT, Start of Green			
Natural Cycle: 100			
Control Type: Pretimed			
Maximum v/c Ratio: 0.95			
Intersection Signal Delay (s/veh): 46.0		Intersection LOS: D	
Intersection Capacity Utilization 67.6%		ICU Level of Service C	
Analysis Period (min) 15			

Nota. Se muestra el resumen del reporte del nodo 2 del Software Synchro V.12, Fuente propia.

Una vez procesados los flujos vehiculares y las condiciones geométricas en el software Synchro 12, se procedió a la extracción de los indicadores de desempeño operativo para consolidar la Línea Base del estudio. En la siguiente tabla se presenta la contrastación entre el Reporte Nativo de Synchro y el Reporte Normativo HCM 2022 para los dos nodos que integran el sistema analizado:

Tabla 14

Comparación de reporte Synchro y HCM 2022

Ubicación / Nivel	Parámetro	Reporte (Synchro)	Reporte HCM 2022	Variación (Δ)
NODO 1	Demora Total (s/veh)	80.00	112.40	+32.40
	Nivel de Servicio (LOS)	F	F	--
	Ratio v/c Máximo	1.14	1.18	+0.04
Acceso Este (EB)	Delay / LOS	136.8 / F	147.5 / F	+10.7
Acceso Sur (SB)	Delay / LOS	86.2 / F	132.6 / F	+46.4
NODO 2	Demora Total (s/veh)	46.00	92.40	+46.40
	Nivel de Servicio (LOS)	D	F	--
	Ratio v/c Máximo	0.95	1.33	+0.38
Acceso Oeste (WB)	Delay / LOS	64.5 / E	67.90 / E	+3.4
Acceso Norte (NB)	Delay / LOS	69.1 / E	158.00 / F	+88.9

Nota. Se muestra la Comparación de reporte Synchro y HCM 2022, Elaboración propia

Independientemente del algoritmo de cálculo utilizado, ambos motores coinciden plenamente en un Nivel de Servicio F para la operación global del Nodo 1, así como en los accesos más críticos. Los reportes convergen y muestran que el modelo es estable. El indicador principal de validación es la relación v/c. En el Nodo 1, ambos programas presentan valores superiores a la unidad (1.14 y 1.18). Hay más vehículos de los que la vía puede soportar. Asimismo en el Nodo 2. Synchro indica una saturación de 0,95. El cálculo del reporte HCM 2022 alcanza un nivel crítico de 1.33. Los dos programas dan la misma conclusión: que existe un problema de funcionamiento sistémico. Esta coincidencia en la magnitud de saturación sistémica valida la estabilidad del modelo ante flujos extremadamente densos.

Las demoras de control evidencian las diferencias entre los software. El Nodo 1 presenta una variación de 32.4 s/veh. El reporte de HCM arroja una demora significativamente mayor: 92.4 s/veh. vs. 46.0 s/veh. Esta diferencia se justifica por la rigidez de las ecuaciones determinísticas del HCM 2022, las cuales penalizan de forma más severa la demora

incremental (d2) y por sobresaturación (d3) en accesos con ratios v/c superiores a 1.0, como ocurre en el Acceso Norte con una variación de 88.9 s/veh.

Finalmente, al situarse los valores más críticos significativamente por encima del umbral de 80 s/veh para un LOS F en el reporte normativo, se concluye que la disparidad numérica es meramente procedimental; la realidad física de la intersección es de colapso operativo, lo que justifica plenamente la necesidad de la intervención de optimización propuesta.

4.2.2.10.4 Conclusión de calibración HCM

Concluye con la validación de un modelo base sólido, en donde la convergencia en el Nivel de Servicio F y ratios de saturación superiores a 1.10 ratifican el estado de congestión sistémica; aun cuando existen variaciones algorítmicas en las demoras globales, la estabilidad numérica del modelo garantiza que los resultados reflejan fielmente la realidad observada en el corredor por ello, para asegurar la integridad de la investigación, se estableció una jerarquía analítica basada en la especialización de cada motor; el Reporte Normativo HCM 2022 se constituye en la base oficial para la determinación de la Demora de Control y del Nivel de Servicio (LOS), mientras que por otra parte, el Reporte de Synchro 12 se utiliza para cuantificar indicadores complementarios de eficiencia, como el consumo de combustible y la utilización de la capacidad. Esta dualidad hace que el diagnóstico pueda combinar la rigurosidad normativa con la precisión de la microsimulación dinámica.

4.2.2.11 Validación de Confiabilidad y Estabilidad de escenario actual

Para establecer el estado actual del desempeño operativo a nivel microscópico, se evaluaron las condiciones dinámicas y estocásticas de la intersección Av. Camaná y C. Cayma. Los datos se recopilaron mediante el programa de microsimulación SimTraffic. Con el fin de

garantizar la fiabilidad y de recoger la variabilidad natural de la conducta vehicular, se configuró un escenario base con 20 iteraciones independientes mediante el empleo de distintas semillas aleatorias, en estricto apego a los lineamientos de la Administración Federal de Carreteras (FHWA), los resultados de cada indicador fueron sometidos a un análisis de control estadístico mediante cartas I-MR con un nivel de confianza de 3 sigmas.

A continuación, se presenta el análisis detallado y los gráficos de control estadístico para cada uno de los indicadores microscópicos evaluados:

Figura 159

Resultados obtenidos de las corridas 1 a la 20 del escenario base

Run Number	1	2	3	4	5	6	7
Travel Time (hr)	104.3	147.7	86.7	114.5	68.4	96.9	116.6
Total Delay (hr)	88.8	131.8	70.8	98.9	53.4	81.1	101.2
Total Stops	1338	1218	1321	1402	1491	1417	1347
Fuel Used (l)	120.7	159.0	105.7	129.9	88.0	114.4	130.8

Run Number	8	9	10	11	12	13	14
Travel Time (hr)	77.7	96.6	84.2	86.3	65.4	71.6	88.0
Total Delay (hr)	61.6	80.9	68.2	70.1	50.2	55.0	71.9
Total Stops	1340	1455	1315	1548	1508	1214	1538
Fuel Used (l)	98.6	114.4	103.9	106.6	87.1	93.1	107.2

Run Number	15	16	17	18	19	20	Avg
Travel Time (hr)	112.8	100.7	71.5	59.3	98.8	74.5	91.1
Total Delay (hr)	96.2	85.1	55.6	43.5	82.2	58.4	75.2
Total Stops	1269	1279	1329	1617	1510	1301	1389
Fuel Used (l)	129.4	117.3	92.9	82.1	117.6	95.6	109.7

Nota. Se muestra los resultados obtenidos de las corridas 1 a la 20 del escenario base en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Figura 160

Resultados obtenidos de las emisiones de las corridas 1 a la 20 del escenario base

Run Number	1	2	3	4	5	6	7
HC Emissions (g)	37	35	37	38	38	37	36
CO Emissions (g)	3443	3847	3207	3589	3027	3375	3519
NOx Emissions (g)	260	260	248	260	249	263	250

Total Network Performance By Run

Run Number	8	9	10	11	12	13	14
HC Emissions (g)	37	38	39	41	39	36	40
CO Emissions (g)	3100	3395	3280	3419	3023	3028	3391
NOx Emissions (g)	248	263	253	272	255	245	268

Total Network Performance By Run

Run Number	15	16	17	18	19	20	Avg
HC Emissions (g)	38	39	38	40	39	37	38
CO Emissions (g)	3636	3568	3094	3019	3468	3099	3326
NOx Emissions (g)	266	269	252	261	266	249	258

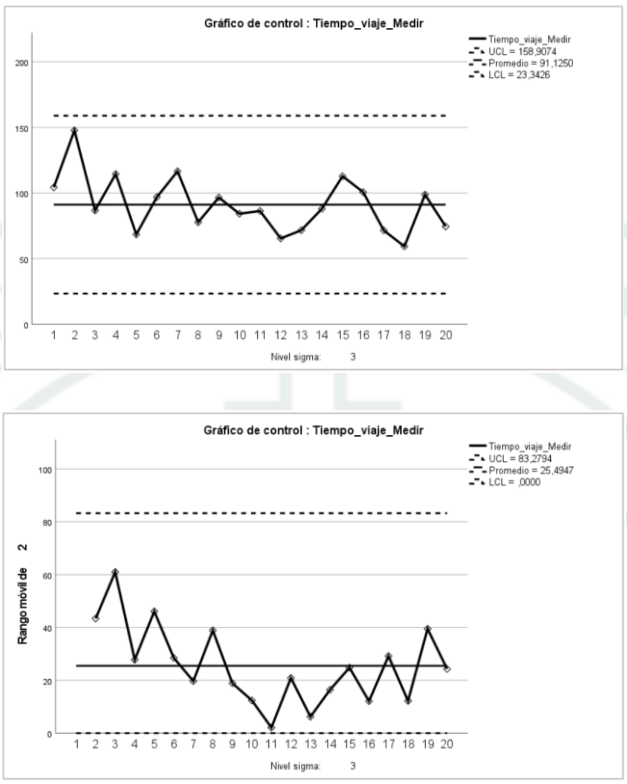
Nota. Se muestra los resultados obtenidos de las emisiones de las corridas 1 a la 20 del escenario base en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.2.11.1 Tiempo de viaje (Hr)

El tiempo de viaje presenta una media central de 91.1250 horas acumuladas por iteración. La dispersión espacial y temporal del flujo establece un Límite de Control Superior (LCS) de 158.9074 horas y un Límite de Control Inferior (LCI) de 23.3426 horas. Esto expone una alta tolerancia a la dispersión en el escenario actual, con una brecha operativa de 135.56 horas entre ambos límites. El 100% de las observaciones se mantienen dentro de este margen, registrándose el pico de mayor criticidad congestiva en la iteración 2 (aproximadamente 148 horas) y el escenario de mayor fluidez en la iteración 18 (aproximadamente 59 horas).

Figura 161

Gráfico de control I-MR tiempo de viaje escenario base



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR tiempo de viaje escenario base, Fuente propia.

Respecto a la volatilidad del sistema. la variación medía se ubica en 25.4947 horas, estableciendo un límite superior máximo esperado (LCS) de 83.2794 horas y un límite inferior de 0.0000 horas. Estos valores demuestran que, de una corrida a la siguiente bajo la misma demanda vehicular, la ineficiencia del sistema provoca saltos bruscos superiores a las 25 horas promedio de viaje acumulado extra, evidenciando una alta imprevisibilidad para el usuario.

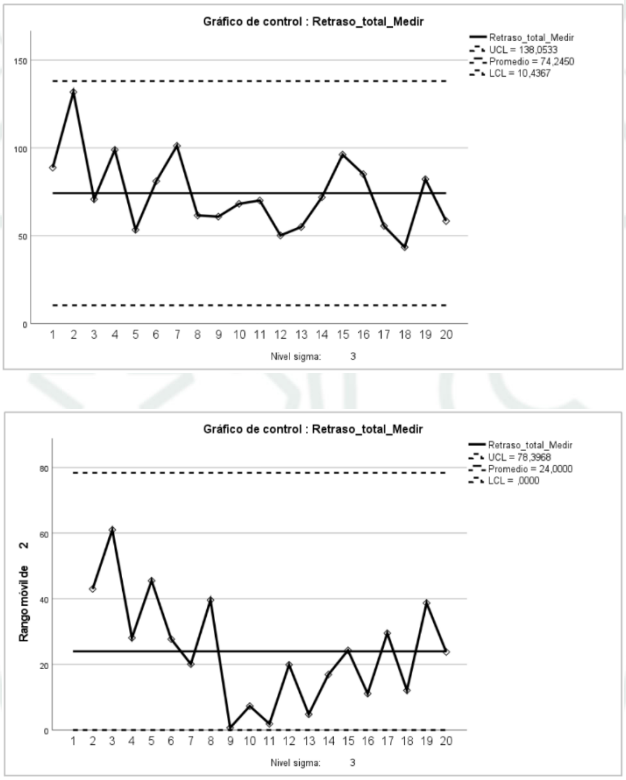
4.2.2.11.2 Retraso total (Hr)

En el gráfico de valores individuales (I), la línea central indica que la red vial penaliza a los usuarios con un retraso total acumulado promedio de 74.2450 horas por cada periodo de evaluación. La dispersión espacial y temporal del flujo establece un Límite de Control Superior (LCS) de 138.0533 horas y un Límite de Control Inferior (LCI) de 10.4367 horas. Esta franja

operativa presenta una amplitud considerable de 127.61 horas de diferencia máxima esperada. El 100% de las observaciones se mantienen dentro de este margen de control, registrándose el pico de mayor congestión en la iteración 2 (aproximadamente 130 horas perdidas) y el escenario menos perjudicial en la iteración 18 (aproximadamente 45 horas).

Figura 162

Gráfico de control I-MR retraso total escenario base



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR retraso total escenario base, Fuente propia.

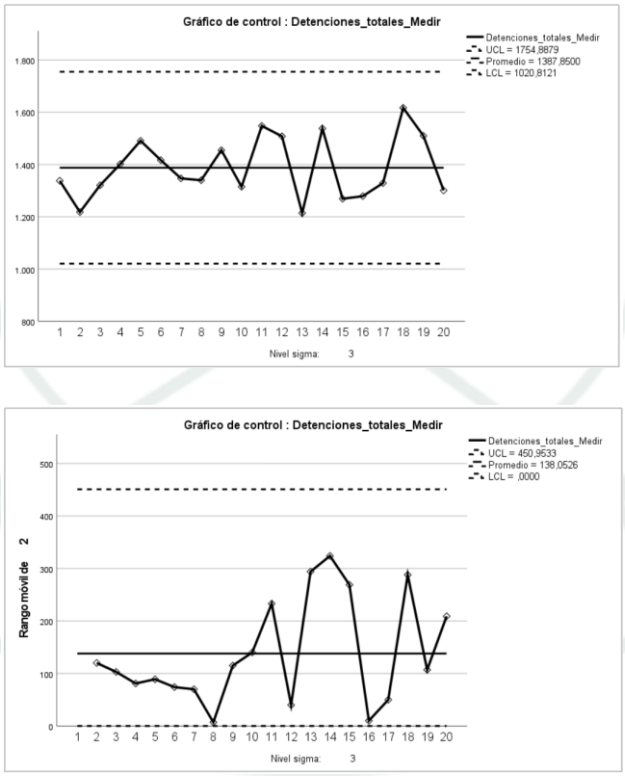
La variación promedio con respecto a la volatilidad del sistema es de 24.0000 horas, con un límite superior máximo (LCS) de 78.3968 horas y un límite inferior de 0.0000 horas. Esto muestra, desde el punto de vista operativo, que la ineficiencia del esquema actual es altamente sensible a pequeñas fluctuaciones en la demanda o en la llegada de vehículos, provocando que de un momento a otro el sistema castigue a la red sumando hasta 24 horas extra de retraso acumulado en promedio.

4.2.2.11.3 Detenciones totales (Und)

En la carta de valores individuales (I) la línea central muestra que el sistema actual tiene un promedio de 1387.8500 detenciones acumuladas por periodo evaluado. El Límite de Control Superior (LCS) se establece en 1754.8879 detenciones y el Límite de Control Inferior (LCI) en 1020.8121 detenciones, lo que deja al alcance de la variabilidad propia del arribo vehicular una brecha operativa de 734.0758 unidades de variación máxima esperada. El 100% de los puntos se encuentra dentro de las bandas estadísticas, siendo el pico de mayor interrupción en la iteración 18 (aproximadamente 1620 detenciones) y las condiciones de flujo más continuo en las iteraciones 2 y 13 (aproximadamente 1215 detenciones).

Figura 163

Gráfico de control I-MR detenciones totales escenario base



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR detenciones totales escenario base, Fuente propia.

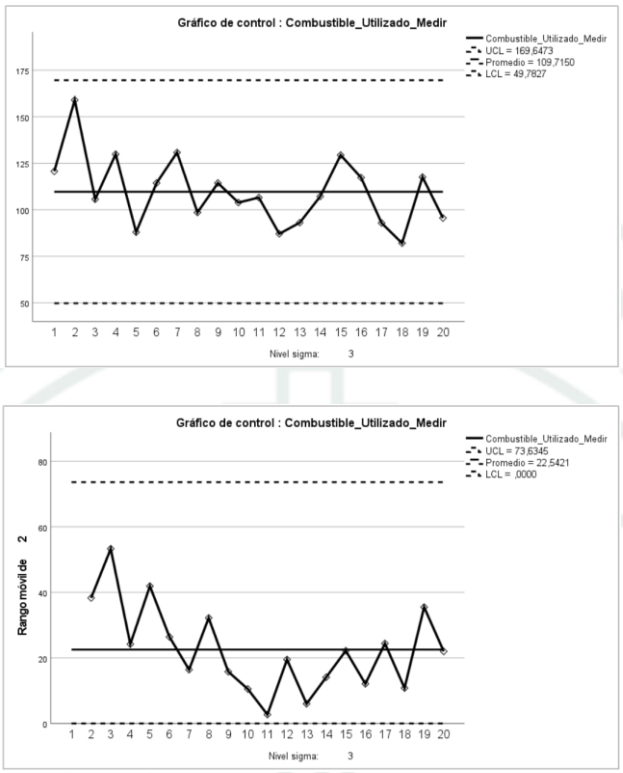
La estabilidad de la variación consecutiva se muestra en la gráfica de rango móvil (MR), la fluctuación promedio entre corridas es de 138.0526 detenciones, el límite superior (LCS) es de 450.9533 detenciones y el límite inferior es de 0.0000 detenciones. La total permanencia de los datos dentro de estos márgenes confirma que la red no sufre perturbaciones externas excepcionales (como bloqueos anómalos en el simulador), sino que la alta frecuencia de paradas responde estrictamente a deficiencias de fondo en la programación temporal actual.

4.2.2.11.4 Combustible utilizado (L)

En el gráfico de valores individuales (I) la línea central establece que el sistema actual opera con un consumo promedio de 109.7150 litros de combustible por periodo evaluado. La dispersión estadística del proceso establece el Límite de Control Superior (LCS) en 169.6473 litros y el Límite de Control Inferior (LCI) en 49.7827 litros, lo que describe una amplitud de variación de 119.8646 litros entre las corridas extremas. El 100% de las observaciones están dentro de las bandas de control, identificándose el pico de máximo consumo en la iteración 2 (aproximadamente 159 litros) y el punto de mayor eficiencia energética en la iteración 18 (aproximadamente 82 litros).

Figura 164

Gráfico de control I-MR combustible utilizado escenario base



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR combustible utilizado escenario base, Fuente propia.

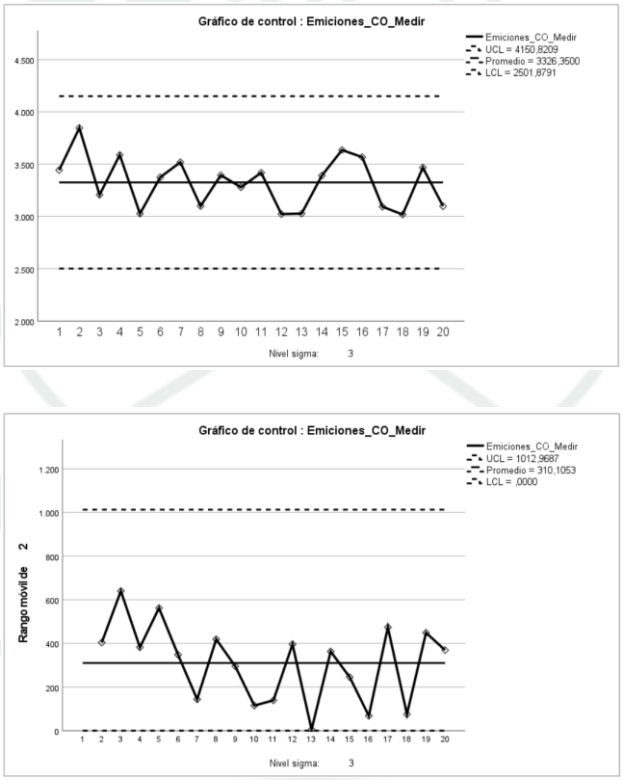
Para la variación del consumo entre escenarios cercanos la media del rango móvil (MR) es de 22.5421 litros. El límite superior máximo esperado (LCS) es 73.6345 litros y el límite inferior es 0.0000 litros. Al mantener todos los rangos dentro de estos límites matemáticos se eliminan anomalías operativas de simulación. Esto indica que la variación del consumo de combustible sólo obedece al azar del tráfico actual.

4.2.2.11.5 Emisiones CO (g)

enera una carga ambiental promedio de 3326.3500 gramos de CO por cada periodo evaluado. La variación en los patrones de aceleración fija el Límite de Control Superior (LCS) en 4150.8209 g. El Límite de Control Inferior (LCI) se encuentra en 2501.8791 gramos. Esto implica una diferencia operativa de 1648.9418 gramos como variación máxima esperada. El total de los puntos (100%) queda dentro de los límites matemáticos. La mayor contaminación se da en la iteración 2, con un valor aproximado de 3850 gramos. En las iteraciones 12, 13 y 18 se tienen los niveles más bajos, con un valor cercano a 3000 gramos.

Figura 165

Gráfico de control I-MR emisiones CO escenario base



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR emisiones CO escenario base, Fuente propia.

En cuanto a la estabilidad de la variación consecutiva, la gráfica de rango móvil (MR) registra una fluctuación promedio entre corridas de 310.1053 gramos, con un límite superior máximo esperado (LCS) de 1012.9687 gramos y un límite inferior de 0.0000 gramos. La permanencia absoluta de los rangos dentro de estos márgenes confirma que el modelo de simulación es consistente y que la dispersión de las emisiones responde exclusivamente a la aleatoriedad del tráfico bajo la configuración operativa actual.

4.2.2.11.6 Conclusión de Confiabilidad y Estabilidad del Escenario Actual

En conclusión, la evaluación de la dimensión microscópica a través de las 20 iteraciones estocásticas normadas por la FHWA y analizadas mediante cartas de control I-MR determina de que el escenario actual de la intersección Av. Camaná y C. Cayma posee una estabilidad estadística absoluta y confiable. El comportamiento conjunto de los cinco indicadores evaluados evidenció un tiempo de viaje promedio de 91.1250 Hr, un retraso total promedio de 74.2450 Hr, 1387.8500 detenciones acumuladas en promedio, un consumo de 109.7150 L de combustible y 3326.3500 gr de emisiones de CO en promedio, registró cero puntos fuera de los límites de control (LCS y LCI) tanto en los gráficos de individuos como de rango móvil. Desde la perspectiva de la metodología Six Sigma, esta total ausencia de causas especiales de variación certifica que los datos recolectados no son producto de anomalías del simulador SimTraffic, sino que reflejan el comportamiento predecible, sistemático y real de la red bajo su configuración vigente.

4.2.2.12 Medición de CTQs (Escenario Actual)

Después de culminar con el desarrollo y calibración del modelo digital, En esta etapa de la metodología DMAIC, para determinar la magnitud del problema en la intersección Av. Camaná Calle Cayma, se procedió a la cuantificación de los indicadores de desempeño en el escenario actual Línea Base. El análisis se estructura bajo las cuatro dimensiones críticas de

calidad (CTQ) Movilidad, Eficiencia Operativa, Seguridad Operacional y Calidad del Servicio.

4.2.2.12.1 Diagnóstico y Cuantificación de CTQ's del Estado Actual

Movilidad: Se evaluó la restricción física al desplazamiento vehicular y la fluidez del tránsito.

Tabla 15

Cuantificación CTQ movilidad escenario base

KPI Evaluado	Acceso	Línea Base (Fase Medir)
Demora de Control (s/veh)	EBT	147,6
	SBT	132,6
	WBT	67,9
	NBT	158
Tiempo de Viaje (seg)	EBT	156,6
	SBT	135,1
	WBT	80,9
	NBT	178,5
Paradas Totales (und/h)	EBT	214
	SBT	448
	WBT	187
	NBT	370

Nota. Se muestra la tabla de la Cuantificación CTQ movilidad escenario base, Fuente propia.

- ✓ Saturación de Demoras: Se evidencia que la intersección operaba predominantemente en un Nivel de Servicio F. Evaluando los cuatro frentes, la vía colectora principal reportó la mayor criticidad con una demora extrema de 158.0 segundos por vehículo en el acceso NBT y de 132.6 segundos por vehículo en el acceso SBT. Por su parte, en el eje transversal, la aproximación EBT penaliza al flujo con 147.6 segundos por vehículo, mientras que el acceso WBT registra 67.9 segundos por vehículo, situándose al límite de la falla funcional.
- ✓ Dilatación del Tiempo de Viaje: Se cuantifica una severa ineficiencia operativa que retiene a los vehículos por lapsos inaceptables. Cruzar la intersección toma 178.5 segundos por el acceso NBT, 156.6 segundos por el acceso EBT, 135.1 segundos por el acceso SBT y 80.9 segundos por el acceso WBT. El caso más evidente de

esta deficiencia estructural se puede observar en la aproximación SBT; donde un recorrido que en condiciones óptimas duraría apenas 2.5 segundos, termina exigiendo 135.1 segundos reales, esto demuestra que el tiempo productivo de movimiento es absorbido casi en su totalidad por la congestión.

- ✓ Alto número de detenciones: Se comprueba la existencia de un fenómeno crónico de marcha interrumpida. La vía colectora principal registró un volumen de 448 paradas por hora en el acceso SBT y de 370 en el NBT; de forma simultánea, los ejes transversales registraron 214 paradas en el EBT y 187 en el WBT, son estas métricas las que evidencian un estado de bloqueo regresivo donde los vehículos quedaban inmovilizados en cola durante múltiples ciclos semafóricos antes de lograr evacuar la infraestructura.

Eficiencia Operativa: Se analizó el aprovechamiento de los recursos temporales y espaciales de la infraestructura.

Tabla 16

Cuantificación CTQ eficiencia operativa escenario base

KPI Evaluado	Acceso	Línea Base (Fase Medir)
Ratio g/C (%)	EBT	24%
	SBT	25%
	WBT	24%
	NBT	25%
ICU (%)	NODO 1	68,0%
	NODO 2	67,6%
Combustible (L/H)	EBT	34
	SBT	52
	WBT	17
	NBT	39
Emisiones de CO (g/h)	EBT	634
	SBT	976
	WBT	309
	NBT	724

Nota. Se muestra la tabla de la Cuantificación CTQ eficiencia operativa escenario base, Fuente propia.

- ✓ Fractura del Tiempo Útil: El sistema presentaba un Ratio g/C sumamente restrictivo. Cada uno de los accesos transversales EBT/WBT contaban únicamente con un 24% de verde efectivo, y cada uno de los accesos de la vía colectora SBT/NBT con un 25%. El 75% restante del ciclo se perdía reteniendo el flujo.
- ✓ Saturación Espacial (ICU): El modelo reveló un margen de holgura operativa limitado, puesto que para absorber la demanda vehicular, por lo cual la evaluación determinó que el Nodo 1 registraba un Índice de Utilización de Capacidad del 68.0%, mientras que el Nodo 2 presentaba una ocupación del 67.6%, lo que deja a la infraestructura vulnerable frente a fluctuaciones.
- ✓ Déficit Económico y Ambiental: La ineficiencia operativa recurrentemente forzaba a los motores a permanecer prolongadamente en modo ralentí; el acceso colector SBT lideraba el impacto negativo desperdiciando 52 litros por hora de combustible con 976 gramos por hora de emisiones de monóxido de carbono, seguido por el NBT con 39 litros y 724 gramos. Simultáneamente, el acceso EBT reportó un consumo de 34 litros y 634 gramos de emisiones, mientras que el WBT registró 17 litros y 309 gramos, confirmando el desempeño insostenible de la red.

Seguridad Operacional: Se midieron los riesgos físicos, el bloqueo de la red y la saturación de carriles.

Tabla 17

Cuantificación CTQ seguridad operacional escenario base

KPI Evaluado	Acceso	Línea Base (Fase Medir)
Relación v/c	EBT	1,17
	SBT	1,18
	WBT	0,88
	NBT	1,33
Cola Percentil 95 (m)	EBT	108,5
	SBT	91,6
	WBT	83,4
	NBT	91,4
Spillback (und/h)	EBT	3
	SBT	2
	WBT	0
	NBT	2

Nota. Se muestra la tabla de la Cuantificación CTQ seguridad operacional escenario base, Fuente propia.

- ✓ Falla por Saturación (v/c): El diagnóstico reveló que 3 de 4 de los accesos operaba por encima del umbral crítico de falla estructural de 1.0. La aproximación NBT presentó el colapso más agudo con una relación de 1.33, seguido estrechamente por el acceso SBT con 1.18 y el acceso transversal EBT con 1.17. Únicamente la aproximación WBT logró mantenerse por debajo del límite de saturación con un índice de 0.88. Estas métricas demuestran de manera contundente que, en los frentes principales, la demanda vehicular desbordaba masivamente la capacidad física de la vía.
- ✓ Extensión de Colas Percentil 95: La modelación proyectó longitudes de cola que superaban la capacidad de almacenamiento de la infraestructura; por un lado, el acceso transversal EBT alcanzó una extensión crítica de 108.5 metros, mientras que en la vía colectora principal, la aproximación SBT documentó 91.6 metros y el acceso NBT registró 91.4 metros; por su parte, la trayectoria

WBT presentó una retención de 83.4 metros, resultando dimensiones excesivas que actuaban como verdaderas barreras urbanas degradando la movilidad y bloqueando el libre tránsito del sector.

- ✓ Riesgo de Spillback: Como efecto inmediato de las colas desbordadas, el sistema mostraba el comienzo de un fenómeno de invasión hacia las intersecciones vecinas; este bloqueo regresivo generaba una pérdida operativa que se cuantificó en 7 vehículos por hora, afectando a la red con 3 vehículos por hora retenidos en el acceso EBT, 2 vehículos por hora en el acceso SBT y 2 vehículos por hora en la aproximación NBT. Este efecto dominó era la confirmación de la incapacidad de la intersección para poder contener y procesar su propia demanda interna, amenazando ya con paralizar el corredor vial en su conjunto.

Calidad del Servicio: Se evaluó la percepción global del desempeño del sistema desde la perspectiva del usuario.

Tabla 18

Cuantificación CTQ calidad del servicio escenario base

KPI Evaluado	Acceso	Línea Base (Fase Medir)
Relación v/c	EBT	F
	SBT	F
	WBT	E
	NBT	F
Demora por Cola (s/veh)	EBT	1,5
	SBT	0,3
	WBT	1,2
	NBT	0
Índice de Colas	EBT	0,89
	SBT	0,75
	WBT	0,58
	NBT	0,74

Nota. Se muestra la tabla de la Cuantificación CTQ calidad del servicio escenario base, Fuente propia.

- ✓ Colapso Funcional (LOS): El diagnóstico reveló que la mayoría de los frentes vehiculares operaban en el nivel más crítico de la escala; las aproximaciones EBT, SBT y NBT registraron un Nivel de Servicio F, lo que evidencia un colapso funcional agudo en la intersección. Únicamente el acceso WBT presentó un Nivel de Servicio E, situándose en el límite absoluto de la falla operativa.
- ✓ Demora por Cola: El análisis reveló tiempos de inmovilización localizados, donde el acceso EBT sufrió el mayor impacto, con un retraso de 1,5 segundos por vehículo, muy seguido del eje WBT con 1,2 segundos por vehículo, mientras que la vía colectora tuvo valores mínimos 0,3 segundos por vehículo en el acceso SBT y nulo en la aproximación NBT, esto indica que la fricción inicial por encolamiento afectaba principalmente a los ejes transversales.
- ✓ Saturación del Índice de Colas: La evaluación de la red demostró niveles de acumulación vehicular considerables, por un lado, el acceso transversal EBT presentó la mayor criticidad con un Índice de Colas de 0.89, seguido por la aproximación SBT con 0.75 y el eje NBT con 0.74; mientras que por el otro lado, el acceso WBT reportó un índice de 0.58; son estos valores los evidencian que la tasa de llegada de vehículos generaba una constante presión sobre la capacidad de descarga del sistema, creando un efecto acumulativo que degradaba el confort de marcha y la fluidez de la infraestructura.

4.2.3 ANALIZAR

En esta fase el enfoque se trasladó a la identificación de las causas de la ineficiencia operativa, se evaluó la interacción de las variables medidas para entender el por qué la intersección opera actualmente en niveles críticos LOS F, estableciendo el fundamento técnico para las propuestas de mejora que se desarrollarán en la siguiente etapa del ciclo..

4.2.3.1 Análisis de Causas y Efectos (Diagrama de Ishikawa)

Con el propósito de sistematizar la identificación de las causas fundamentales que originan el bajo desempeño operativo de la intersección, se empleó el Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa); esta herramienta analítica facilitó desglosar el problema central, la Ineficiencia Operativa, y explorar sus factores contribuyentes en el marco de las 6M: Mano de obra, Maquinaria, Material, Método, Medio Ambiente y Medición.

Se elaboró un diagrama con base en la evidencia cuantitativa recopilada durante la fase Medir, lo cual facilitó la clasificación de los fallos de acuerdo a su naturaleza y su impacto en el Nivel de Servicio.

Figura 166

Diagrama de Ishikawa



Nota. Se muestra el diagrama de Ishikawa para la ineficiencia operativa, Fuente: Elaboración propia.

Los factores exógenos, difíciles de controlar, se diferencian de los factores endógenos, susceptibles de mejora, en el análisis visualizado en la Figura 166, destacando los siguientes hallazgos críticos:

4.2.3.1.1 Deficiencia Estructural en Materiales

El diagnóstico identifica una contradicción en la oferta de vía, ya que la geometría limitante de la mediana central impide el almacenamiento seguro de los vehículos que giran, lo que provoca obstrucciones físicas. Esta carencia se tipifica como una deficiencia estructural grave bajo la Sección 3.8.1 del Manual de Seguridad Vial del MTC, la cual estipula que "en las zonas urbanas, las medianas deben, en la medida de lo posible, ser lo suficientemente anchas como para proteger un vehículo que da vuelta o cruza". Por otra parte y como hallazgo más importante, se comprueba la existencia de una vía alternativa inactiva (una calle adyacente

peatonalizada) que configura una capacidad ociosa en el sistema. A esto se une una inexistente señalización de restricciones de giro que imposibilita regular los flujos de manera preventiva. Esta falta de señalización infringe el principio de Orientación Positiva que aparece en la Sección 2.6 del citado manual, la cual señala que la falta de información oportuna al conductor o el incumplimiento de sus expectativas conllevan a respuestas más lentas y a la inducción de errores sistemáticos.

4.2.3.1.2 Ineficiencia Operativa del Método

La gestión actual del control está basada en una gestión centralizada que trata de resolver todas las maniobras de dirección en el nodo principal. Esto obliga a utilizar un ciclo semafórico de 4 fases que fragmenta excesivamente el tiempo disponible, generando altos tiempos muertos por despeje y un ciclo sobresaturado que reduce la capacidad de descarga de los flujos directos masivos. Esta centralización de maniobras es en directa contradicción con los principios básicos de la infraestructura vial segura dictaminados en la Sección 1.7.4 del manual del MTC, específicamente con el principio de Homogeneidad. Ese principio requiere que "las diferencias de velocidad, dirección y masa entre los vehículos que circulan por una misma carretera o intersección se reduzcan al mínimo". Por acumular demasiadas variaciones de dirección en un solo punto, la operatividad del método actual resulta estructuralmente ineficiente e insegura.

4.2.3.1.3 Interacción con el Entorno y Factor Humano

La combinación de factores materiales y metodológicos genera un entorno hostil, con efecto Spillback y alta fricción lateral; en cuanto a la mano de obra (conductores), se puede ver que las maniobras conflictivas son giros que induce la permisividad del diseño y la falta de prohibiciones claras. Esta conducta errática que con frecuencia deriva en ansiedad por cruzar e invadir la intersección, encuentra explicación técnica en la Sección 2.5 (Apartado A) del manual del MTC sobre atención y procesamiento de la información. La norma dice que con

“altas exigencias de más de una fuente de información” y ante la necesidad de tomar decisiones rápidas en entornos complejos, la capacidad cognitiva del conductor se sobrecarga, llevándole a tomar decisiones negligentes que materializan el bloqueo de la intersección.

4.2.3.1.4 Conclusión del Análisis Causa-Efecto

El análisis determina que la ineficiencia operativa de la intersección podría ser un problema sistémico de Materiales y Método. Se infiere que la causa del bloqueo no es el volumen de tráfico, sino la insistencia en resolver todos los movimientos vehiculares en un punto geométricamente limitado, desperdiciando la capacidad disponible en las calles aledañas.

En consecuencia, se vio como alternativa de análisis preliminar que se debe fundamentar y plantear la viabilidad de desviar los flujos conflictivos hacia la infraestructura adyacente actualmente inactiva, lo que en caso de ser viable permitirá migrar de un ciclo semafórico ineficiente de 4 fases a uno optimizado de 2 fases.

4.2.3.2 Análisis de la Señalización actual

Como parte de la metodología de análisis, se procedió a la revisión y validación de la señalización en las vías de estudio, un factor determinante para la seguridad vial. Las tablas a continuación documentan esta verificación, permitiendo observar de forma detallada si las señales cumplen su función, si su ubicación es óptima o si requieren mejoras para el correcto funcionamiento del tránsito.

4.2.3.2.1 Señalización Horizontal

Tabla 19

Señales horizontales en las vías de estudio

Señales Horizontales	Vías de estudio					
	Av. Camaná bajada al sur de C. Cayma	Av. Camaná bajada al norte de C. Cayma	Av. Camaná subida al sur de C. Cayma	Av. Camaná subida al norte de C. Cayma	C. Cayma este a oeste	C. Cayma oeste a este
Paso Peatonal	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Línea Central	Sí	Si	Sí	Si	Si	Si
Flechas Direccionales	Si	No	Sí	No	Sí	Sí

Nota. Se muestra las señales horizontales identificadas en las vías de estudio, Fuente: Elaboración propia.

Figura 167

Señales horizontales en la Av. Camaná



Nota. Se muestra las señales horizontales identificadas en la Av. Camaná, Fuente: Elaboración propia.

Figura 168

Señales Horizontales en la C. Cayma



Nota. Se muestra las señales horizontales identificadas en la C. Cayma, Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2.2 Señalización Vertical

Tabla 20

Señales verticales en las vías de estudio

Señales Verticales	Vías de estudio					
	Av. Camaná bajada al sur de C. Cayma	Av. Camaná bajada al norte de C. Cayma	Av. Camaná subida al sur de C. Cayma	Av. Camaná subida al norte de C. Cayma	C. Cayma este a oeste	C. Cayma oeste a este
Solo Transporte público	No	No	No	No	No	No
Pare	No	No	No	No	No	No
Paradero	Sí	No	No	No	No	No
Lugares próximos	Sí	Sí	No	No	No	No
Prohibido Estacionar	No	No	No	No	No	No
Zona Azul	No	No	No	No	No	No
Velocidad máxima permitida	No	No	No	No	No	No
Cruce de Peatones	No	No	No	No	No	No

Nota. Se muestra las señales verticales identificadas en las vías de estudio, Fuente: Elaboración propia.

Figura 169

Señales verticales en la C. Cayma y Av. Camaná



Nota. Se muestra las señales verticales identificadas en la C. Cayma y la Av. Camaná, Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2.3 Estado Actual de la Señalización Existente

El diagnóstico del estado actual de la señalización, basado en el trabajo de campo, ha permitido clasificar la infraestructura existente; el análisis muestra una marcada ausencia de señalización vial que imposibilita el tránsito ordenado y la segura convivencia entre peatones y vehículos, esto de conformidad con el principio de "Legibilidad" establecido en la Sección 1.7.4 del Manual de Seguridad Vial del MTC, la vía y su entorno deben ser siempre bien percibidos e interpretados para que el conductor adapte a esas características su forma de conducir de manera rápida e inequívoca. Esta deficiencia vulnera, además, el concepto de "Orientación Positiva" (Sección 2.6), que requiere que el diseño brinde información oportuna; la ausencia de esta provoca que las expectativas del conductor no se cumplan, lo que limita su capacidad de procesamiento e induce errores operativos. En cuanto a la señalización horizontal, se aprecia un marcado contraste: si bien la Av. Camaná exhibe un buen estado de conservación por tratarse de una vía más moderna, la Calle Cayma presenta un deterioro crítico,

sobre todo en sus cruces peatonales, con una baja visibilidad debido al desgaste. Esta situación intensifica la exposición al riesgo de los peatones, violando la Sección 2.9.4 del manual, que enfatiza la necesidad de ubicar los cruces con las características de visibilidad y comodidad adecuadas en los lugares donde la densidad de peatones sea significativa. Se comprobó, además, que ninguna de las dos vías cuenta con flechas direccionales de carril. Este vacío no cumple con el objetivo técnico de disponer de una infraestructura "predecible" y "auto explicativa" (Sección 1.7.4), generando mayor incertidumbre en el usuario al aproximarse a la intersección para realizar maniobras de canalización. En relación con la señalización vertical, se observó una escasez generalizada en la mayoría de zonas. Las señales de información de paradero son las más abundantes, pero se confirma la ausencia total de las señales regulatorias esenciales (prohibición, obligación, control de prioridades, etc.). La Sección 1.7.3 del manual normativo establece que la infraestructura debe contar con una adecuada señalización fija vertical que cumpla las funciones esenciales de advertir, informar, guiar y controlar al usuario. La ausencia de estos dispositivos regulatorios impide una adecuada "Gestión de Seguridad Vial" (Sección 2.9) dejando las restricciones de giro y la prioridad de paso a la total discreción del conductor, lo que debilita el control de la intersección e incrementa sustancialmente la probabilidad de colisiones.

Tabla 21

Condiciones actuales de las señales horizontales

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL			
	Malo	**Regular**	**Bueno**
Av. Camaná bajada al sur de C. Cayma		X	
Av. Camaná bajada al norte de C. Cayma		X	
Av. Camaná subida al sur de C. Cayma		X	
Av. Camaná subida al norte de C. Cayma	X		
C. Cayma este a oeste	X		
C. Cayma oeste a este		X	

Nota. Se muestra el estado de las condiciones actuales de las señales horizontales identificadas en el área de estudio, Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.3 Análisis de Coordinación semafórica

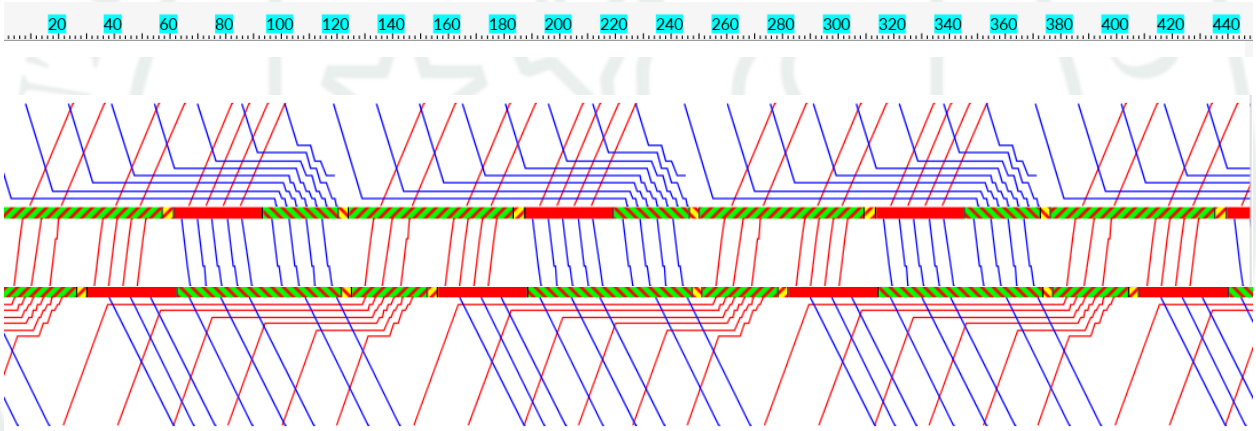
Para evaluar la eficiencia de la progresión vehicular a lo largo del corredor principal formado por la Av. Camaná y la Calle Cayma, se generó el Diagrama de Tiempo-Espacio Figura N°170 mediante el software de micro simulación Synchro V.12. Esta herramienta gráfica permitió visualizar la interacción dinámica entre los ciclos semafóricos de los nodos adyacentes y las trayectorias de los pelotones vehiculares a través del tiempo. El objetivo para este análisis fue determinar si la configuración actual favorece el flujo continuo o si, por el contrario, este genera ondas de parada y bloqueo debido a una deficiente sincronización semafórica en la intersección.

Para el presente análisis gráfico se seleccionó la vista bidireccional del eje principal, integrando los Nodos 1 y 2 en un único diagrama dicha delimitación se justifica debido a que:

- La falla operativa principal no ocurre en los accesos aislados, sino en el tramo de enlace (mediana o isla central) que conecta ambos controladores. Es en este segmento crítico donde se materializa la falta de coordinación.
- Al evaluar la interacción entre los dos nodos maestros del sistema, se diagnostica el comportamiento global de la intersección. El bloqueo en este enlace central es el causante de la propagación de colas hacia los accesos secundarios; por tanto, este diagrama sintetiza la problemática de toda la red.

Figura 170

Diagrama de tiempo-Espacio actual de la Av. Camaná y C. Cayma



Nota. Se muestra el diagrama de tiempo – espacio actual de la Av. Camaná y C. Cayma del nodo N°1 en el software Synchro V.12, fuente propia.

El análisis visual de la Figura N°170 revela una descoordinación crítica en el sistema, caracterizada por los siguientes fenómenos operativos:

- Confirmación de Offset Nulo (Falla de Sincronización): Se observa que el inicio del tiempo de verde representado por el comienzo de las barras verdes horizontales ocurre prácticamente de manera simultánea en ambos nodos. Dado que existe una distancia física de viaje entre ambos puntos, esta configuración

de Offset = 0 segundos es técnicamente errónea, ya que no compensa el tiempo de viaje necesario para cruzar el enlace.

- Arribo en Rojo: Las líneas diagonales que representan las trayectorias de los vehículos muestran un patrón interrumpido. El pelotón vehicular que es descargado por el primer semáforo avanza hacia el siguiente nodo, pero al llegar a la línea de parada, encuentra el semáforo en fase roja o amarilla. Gráficamente, esto se evidencia cuando las líneas diagonales se tornan horizontales al contactar la segunda barra, indicando una velocidad de cero y una parada obligatoria.
- Falta de Continuidad Operativa: El sistema carece de una franja de circulación libre que atraviese ambos semáforos simultáneamente. La gráfica evidencia una interferencia operativa severa, donde el flujo Norte-Sur queda retenido en la mediana y el flujo Sur-Norte se bloquea antes de cruzar, imposibilitando el vaciado de la intersección y reduciendo la capacidad efectiva del corredor.
- Validación del Comportamiento Stop-and-Go: La gráfica confirma los altos niveles de demoras y paradas que aparecen en las tablas anteriores. En lugar del flujo laminar se observa un patrón de tipo (arranque -parada - arranque) lo cual incrementa exponencialmente el consumo de combustible y reduce la capacidad real de la vía por la pérdida de tiempo en aceleración y desaceleración.

4.2.3.3.1 Conclusión de análisis de Coordinación semafórica

En la configuración actual no existe una estrategia de coordinación efectiva. La cercanía de las intersecciones obliga a establecer un Desfase calculado que sincronice el comienzo de los tiempos de verde en función de la velocidad de diseño. En términos técnicos y normativos, la Sección 2.5.2 del Manual de Seguridad Vial del MTC recomienda de forma explícita la "coordinación de semáforos, forzando secuencias de apertura", como una medida directa de diseño para el manejo del tránsito y la prevención del desarrollo de velocidades mayores o

inseguras en las zonas pobladas.

Es por ello que la creación de una progresión continua u "Ola Verde" bidireccional no solo optimiza la capacidad del nodo, sino que además, cumple estrictamente con el principio de "Consistencia" de la infraestructura vial (Sección 1.7.4), el cual obliga a satisfacer las expectativas a corto plazo del conductor para garantizar una actuación predecible y adecuada; al sincronizar los flujos y evitar detenciones inesperadas entre cruces cercanos, se reduce el bloqueo en la zona de la mediana y se disminuye drásticamente la probabilidad de que los conductores queden atrapados en la “zona de dilema” o sufran “errores en accidentes por alcance”, factores críticos de siniestralidad tipificados en la Sección 2.7.3 del manual.

4.2.3.4 Análisis de la Capacidad semafórica Perdida

El análisis de capacidad semafórica de la intersección no se limitó únicamente al tiempo de verde disponible, sino que debe consideraron las reducciones operativas causadas por obstrucciones físicas y configuraciones de seguridad deficientes. En el escenario actual, se ha detectado que la oferta vial teórica se ve severamente mermada por dos factores críticos: el bloqueo por cola y la ausencia de tiempos de despeje, los cuales generan una capacidad fantasma que no puede ser utilizada por el flujo vehicular.

4.2.3.4.1 Cuantificación de la Reducción por Bloqueo

El fenómeno de bloqueo mutuo, evidenciado previamente en los diagramas de tiempo-espacio, tiene un impacto directo en la capacidad de descarga. Según el reporte de micro simulación Synchro, el sistema presenta una Reducción de Capacidad por Bloqueo alto. Este indicador contabiliza el número de vehículos que, a pesar de tener semáforo en verde, no pueden ingresar a la intersección porque la salida está obstruida por la cola del semáforo siguiente.

A continuación, se presenta la cuantificación de esta pérdida operativa para los accesos críticos:

Tabla 22

Pérdida de Capacidad por Bloqueo

Nodo de Control	Acceso Crítico	Movimiento	Capacidad Perdida
Nodo 1	Av. Camaná (Sur)	SBT - Directo	2 veh/h
Nodo 1	Av. Camaná (Sur)	SBR - Vuelta Derecha	3 veh/h
Nodo 2	Calle Cayma (Oeste)	WBT - Directo	5 veh/h
TOTAL	Sistema Integral		10 veh/h

Nota. Se muestra la pérdida de capacidad por bloqueo, Fuente: Elaboración propia.

La tabla demuestra que el sistema pierde 10 vehículos por hora de su capacidad instalada únicamente por ineficiencia en la coordinación. En un contexto de saturación donde el ratio v/c supera el 1.33, el desperdicio de estos 10 espacios es vital. Esta pérdida equivale a acumular aproximadamente más de 40 metros lineales de cola adicional por cada hora de operación, agravando el estado de congestión sin que exista un aumento real de la demanda, sino una incapacidad del sistema para procesarla.

4.2.3.4.2 Análisis de tiempo de despeje

Se identificó una deficiencia grave en la configuración de los tiempos de Inter/verde. Los reportes de configuración de tiempos confirman que el parámetro de Todo Rojo está programado en 0.0 segundos para todas las fases del sistema.

Esta configuración resulta ser inviable para una intersección con la geometría actual con un separador central ancho. Al no haber tiempo de despeje, los vehículos que se quedan atrapados en la mediana concluyen su maniobra invadiendo el tiempo de verde de la fase transversal. Esto genera una fricción operativa al arranque, los conductores de la siguiente fase por precaución tardan en iniciar la marcha, incrementando el Tiempo Perdido Total real muy por encima de los 4 segundos teóricos considerados por el software.

4.2.3.4.3 Conclusión del análisis de la Capacidad semafórica Perdida

El diagnóstico confirma que la pérdida de capacidad no se debe a la insuficiencia de espacio físico, sin, mas bien a una gestión ineficaz del tiempo. Si bien la calibración de los intervalos de despeje Todo Rojo mitigaría parcialmente el riesgo de accidentes, el análisis demuestra que un ciclo de 4 fases por encima de los 90 segundos perpetúa las demoras excesivas. Para romper con este ciclo de ineficiencia, es imperativo externalizar los movimientos conflictivos. La estrategia de solución se debe plantear en aprovechar la capacidad ociosa de la infraestructura colindante, lo que habilitará la transición a un esquema semafórico de 2 fases, recuperando así el Nivel de Servicio sin necesidad de obras civiles mayores.

4.2.3.5 Análisis del Ciclo Semafórico Actual

Con el objeto de validar cuantitativamente la hipótesis de Ciclo Semafórico Inadecuado planteada en la categoría Método del diagrama de Ishikawa, se procedió a calcular el Ciclo Óptimo teórico para las condiciones actuales de demanda. Se utilizó el Método de Webster, contrastando el ciclo operativo actual de 98 segundos frente a la demanda real reportada en los grupos de carriles críticos.

4.2.3.5.1 Parámetros de Operación y Geometría

Para el cálculo, se extrajeron las variables de flujo directamente de los reportes de micro simulación de la fase anterior, considerando la geometría de "Doble Nodo" con separador central ancho, lo que impone tiempos de despeje superiores al estándar.

- Tiempo Perdido Total (L): Se determinó un valor de 16 segundos por ciclo. Esto considera los tiempos de "Todo Rojo" necesarios para despejar la isla central, la cual carece de semáforos internos, obligando a garantizar que los vehículos crucen la intersección completa antes del cambio de fase.

- Flujo de Saturación (S): Se adoptó el valor de 1750 Vehículos por hora por carril, correspondiente al parámetro Ideal Flow reportado en la configuración de los Nodos 1 y 2 del software Synchro. Este valor ajusta la capacidad teórica máxima (1900) a las condiciones de fricción lateral y urbana de la zona.
- Flujos Críticos Reales (v): Se utilizaron los valores de Lane Group Flow reportados, los cuales agrupan la carga vehicular total (giros + directo) que compite por el verde en cada acceso.

4.2.3.5.2 Cálculo de Demanda y Saturación (Y)

Se identificaron los movimientos críticos que definen la longitud del ciclo. Dado que es un solo controlador para ambos nodos, se suman las relaciones de flujo crítico (v/s) de los accesos con mayor carga en cada fase (Norte-Sur y Este-Oeste).

Tabla 23

Cálculo de demanda y saturación Y

Fase Semafórica	Acceso Crítico (Grupo de Carril)	Flujo Real (v) [vph]	Saturación (s) [vph]	Ratio (y=v/s)
Fase 1	EBT	213	1750	0.30
Fase 2	WBT	266	1750	0.25
Fase 3	SBT	519	1750	0.15
Fase 4	NBT	430	1750	0.12
Sumatoria (Y)				0.82

Nota. Se muestra el cálculo de demanda y saturación Y, Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.5.3 Determinación del Ciclo Óptimo

Aplicando la ecuación fundamental de Webster:

$$C_{optimo} = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

Sustituyendo los valores operativos diagnosticados:

$$C_{optimo} = \frac{1.5(16) + 5}{1 - (0.82)} = \frac{24 + 5}{0.18} = \frac{29}{0.18} = 90.6\ seg$$

4.2.3.5.4 Conclusión del análisis del ciclo actual

- El cálculo del Ciclo Óptimo Webster arrojó un valor teórico de 90.6 segundos. Si bien este valor es cercano al actual 98 s, el análisis confirma un hallazgo crítico que, para satisfacer la demanda con la configuración actual de 4 fases, el sistema exige necesariamente ciclos largos (>90 s), los cuales están asociados a demoras elevadas y un Nivel de Servicio "F".
- Esto demuestra que optimizar los tiempos sin cambiar el esquema de fases es una solución insuficiente. Mientras se mantengan los 4 movimientos en el nodo, el Tiempo Perdido Total acumulado impedirá reducir el ciclo.
- Para lograr una reducción significativa del ciclo y recuperar la fluidez, es indispensable reducir el número de fases de 4 a 2.

4.2.3.6 Análisis de puntos de conflicto vehicular

El análisis de la seguridad vial y la eficiencia operativa de la intersección Av. Camaná y Calle Cayma se fundamentó en la identificación y evaluación de los Puntos de Conflicto Vehicular. De acuerdo con la Federal Highway Administration (FHWA, 1989), estos se definen como los lugares geométricos donde las trayectorias de dos o más usuarios de la vía convergen, divergen o se cruzan, constituyendo un indicador sustituto esencial para estimar la probabilidad de accidentes y la reducción de capacidad por fricción interna. Tras realizar el inventario de

maniobras permitidas en la configuración actual, se determinó la existencia de 34 puntos de conflicto, una cifra que evidencia una alta complejidad operativa derivada de la permisividad irrestricta de giros.

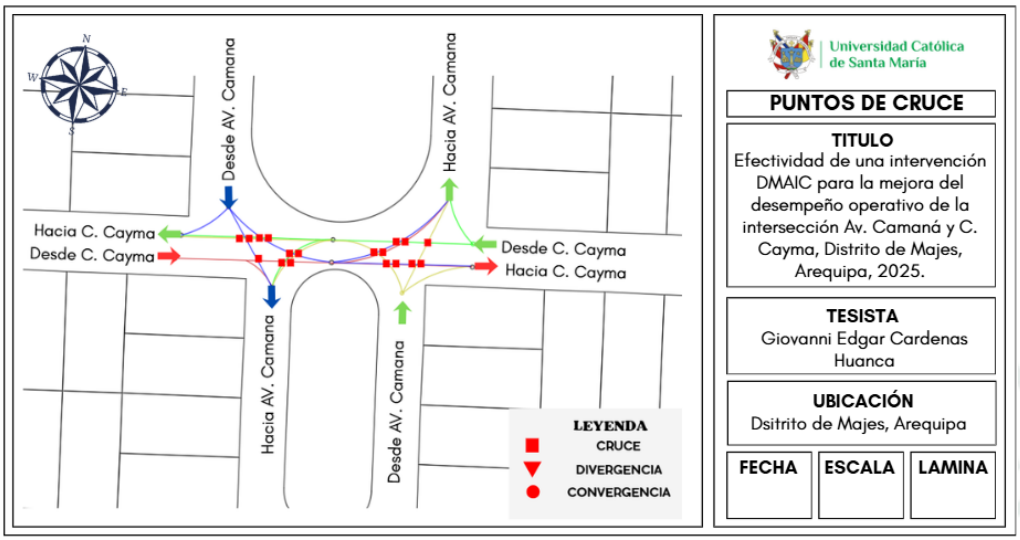
4.2.3.6.1 Caracterización y Tipología de los Conflictos

Al desagregar la interacción vehicular según la mecánica de movimiento, se clasificaron los conflictos en tres categorías críticas:

- Conflictos de Cruce (Crossing): Se identificaron 18 puntos, representando más del 50% de la totalidad. Según (Garber & Hoel, 2015), estos puntos poseen la mayor probabilidad de ocasionar colisiones angulares u ortogonales de alta energía. En el caso de estudio, la duplicidad de calzadas en la Av. Camaná obliga a los vehículos que realizan giros a la izquierda a atravesar múltiples flujos (el opuesto y los transversales), exponiéndose a tiempos de cruce prolongados. Operativamente, cada uno de estos puntos actúa como una restricción física temporal, reduciendo el flujo de saturación a cero en el carril afectado mientras la maniobra se ejecuta.

Figura 171

Puntos de cruce vehicular en la intersección



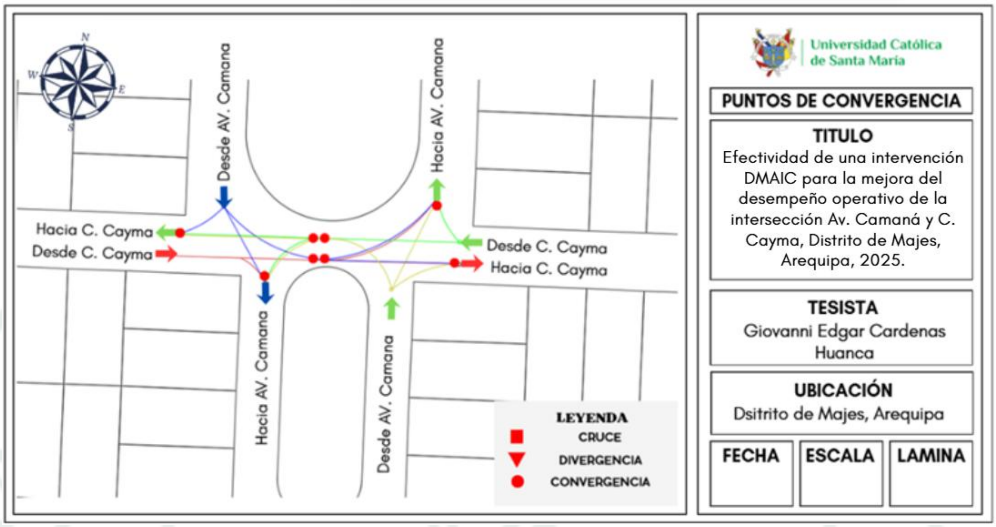
Nota. Se muestra los puntos de cruce vehicular en la intersección, Fuente: Elaboración propia.

- Conflictos de Divergencia y Convergencia: Se contabilizaron 8 puntos de divergencia en los accesos y 8 de convergencia en las salidas. El análisis revela que la inexistencia de carriles de desaceleración exclusivos obliga a los conductores a reducir su velocidad sobre los carriles pasantes para iniciar el giro. Este comportamiento genera ondas de choque que incrementan el riesgo de colisiones por alcance y disminuyen la velocidad media del corredor.

Convergencia

Figura 172

Puntos de convergencia actual

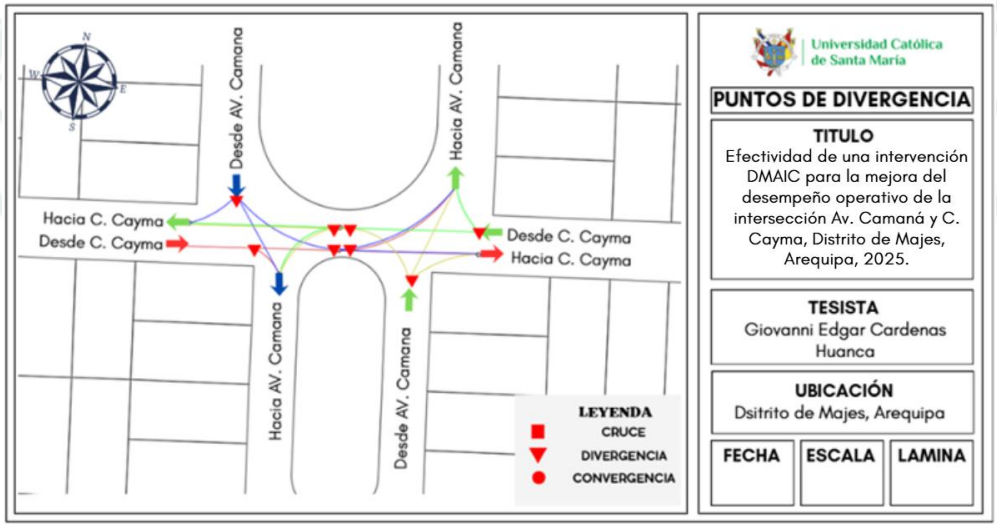


Nota. Se muestra los puntos de convergencia vehicular en la intersección, Fuente: Elaboración propia.

Divergencia

Figura 173

Puntos de divergencia actual



Nota. Se muestra los puntos de divergencia vehicular en la intersección, Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.6.2 Análisis del Bloqueo en la Mediana

Un hallazgo determinante en el diagnóstico es la saturación de la capacidad de almacenamiento en la mediana central, exacerbada por la geometría de "doble nodo". Si bien la mediana separa los sentidos de circulación, su longitud es insuficiente para albergar la cola de vehículos generada por los giros en U movimientos códigos 4 y 8 o giros que impliquen cruzar ambos carriles de Av. Camaná maniobras 3 y 7.

Esto provoca un fenómeno de Bloqueo de Intersección cuando la demanda de giro excede el espacio físico de la mediana, los vehículos remanentes obstruyen perpendicularmente los carriles de flujo directo o transversal, esta situación de Spillback invalida la eficiencia de las fases de verde asignadas, confirmando que la infraestructura actual es geométricamente incompatible con la demanda de maniobras de retorno in situ y giros complejos que impliquen cruzar más de 1 carril.

4.2.3.6.3 Conclusión del análisis de puntos de conflicto

La necesidad de gestionar 34 puntos de conflicto de manera segura obliga al sistema de control a operar con un ciclo segregado de cuatro fases. Sin embargo, esto incrementa el Tiempo Perdido Total por ciclo y reduce drásticamente la proporción de verde efectivo (g/C) disponible para la descarga vehicular, siendo esta la causa técnica principal del colapso operativo (LOS F) y de las demoras superiores a 300 segundos por vehículo.

El análisis concluye que la configuración actual es intrínsecamente ineficiente e insegura; ello, según el Manual de Seguridad Vial del MTC (2017), se debe a que la coexistencia de 34 interacciones vehiculares en un espacio restringido incrementa exponencialmente la vulnerabilidad del nodo dicha normativa establece de forma explícita que el nivel de riesgo en una intersección es directamente proporcional a la cantidad y complejidad de sus puntos de conflicto, especialmente en las maniobras de cruce transversal; en estas condiciones, la exigencia del entorno supera la capacidad humana de procesamiento de

información, lo que el manual identifica como el principal detonante de errores de percepción, toma de decisiones tardías y siniestralidad.

Por lo tanto, se considera que la optimización operativa necesita, necesariamente, de una reingeniería geométrica orientada a la eliminación y/o minimización de los conflictos de cruce en el nodo principal. Conforme a las directrices del estado sobre la mitigación de riesgos, la medida más eficaz para prevenir riesgos en las intersecciones es la separación espacial y la restricción, simplificación o eliminación de giros incompatibles. En estricto cumplimiento de este mandato, la estrategia de intervención deberá externalizar hacia infraestructuras adyacentes las maniobras complejas, lo cual simplificará la operación del sistema semafórico, reducirá drásticamente la exposición al riesgo geométrico y recuperará la fluidez del tránsito directo.

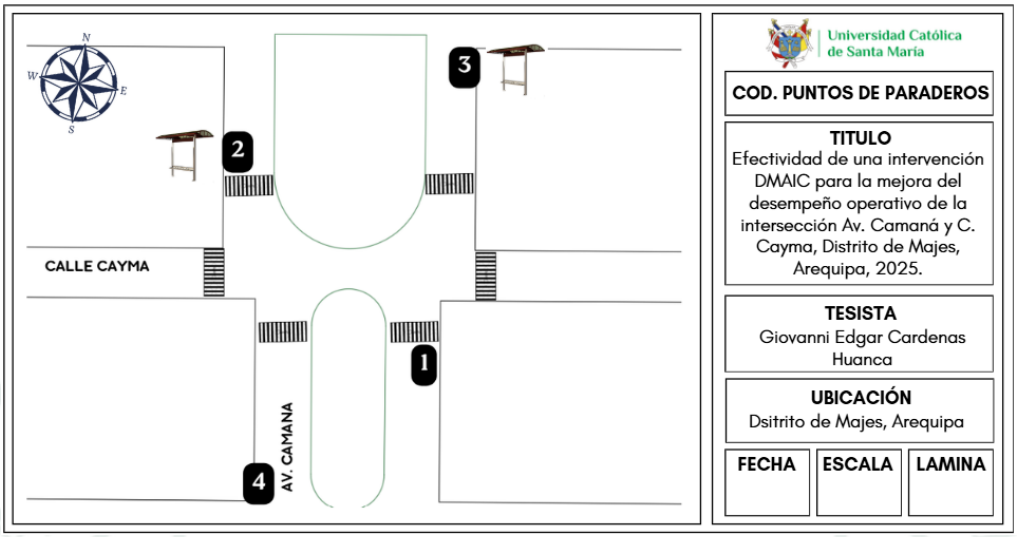
4.2.3.7 Análisis del Impacto de los paraderos de transporte público

Con el fin de evaluar de manera objetiva si la infraestructura y operación del transporte público son una causa raíz de la degradación del Nivel de Servicio en la intersección, se realizó un diagnóstico de campo integral. Este levantamiento permitió contrastar el diseño de la infraestructura formal frente a la dinámica real de los usuarios y la composición del flujo vehicular.

Mediante un levantamiento topográfico georreferenciado, se registró la infraestructura física y las zonas de paradas consolidadas por el uso. El diagnóstico evidenció una sectorización del área de influencia dividida por el eje de la intersección, identificando un conflicto directo entre la planificación urbana y la eficiencia vial:

Figura 174

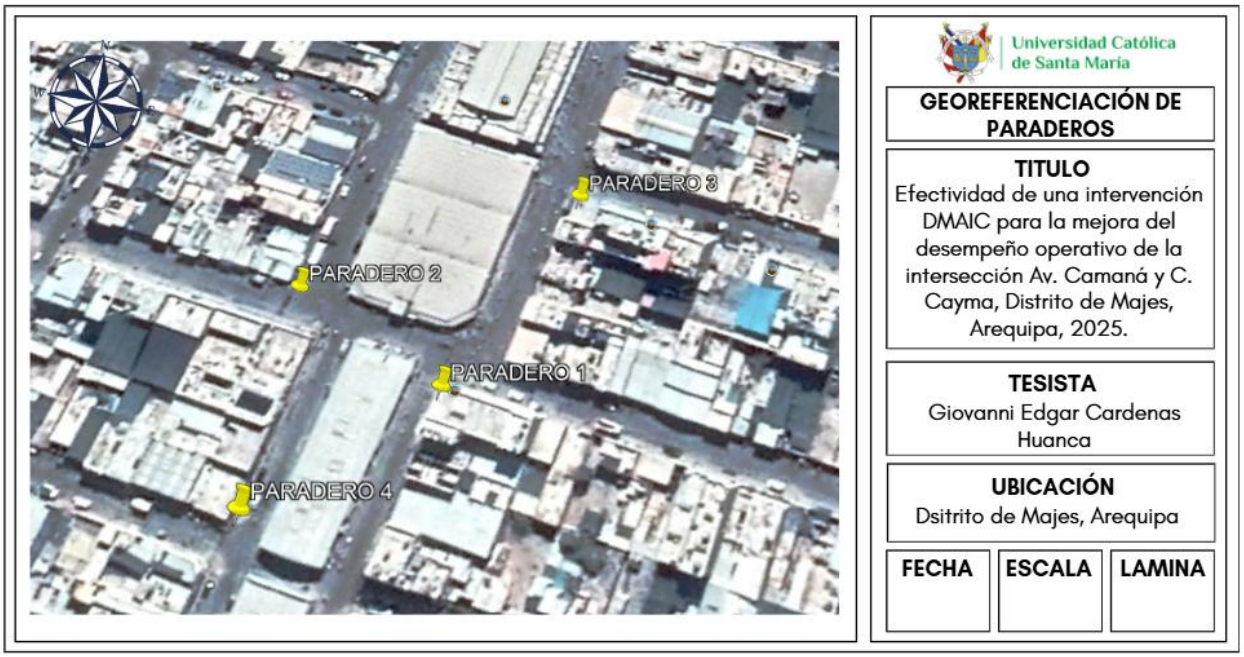
Codificación paraderos



Nota. Se muestra la codificación paraderos, Fuente: Elaboración propia.

Figura 175

Georreferenciación de paraderos



Nota. Se muestra la Georreferenciación de paraderos, Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Coordenadas de puntos de paraderos identificados

CORDENADAS PUNTOS DE CONTROL		
zona 18	ESTE	SUR
1	799973.00 m E	8188677.00 m S
2	799937.00 m E	8188717.00 m S
3	800026.00 m E	8188732.00 m S
4	799911.00 m E	8188650.00 m S

Nota. Se muestra Coordenadas de puntos de paraderos identificados, Fuente: Elaboración propia.

- **Sector Norte (Área Comercial - Infraestructura Formal):**
  - Los Puntos de Control 2 y 3 se sitúan al norte de la intersección. Al estar emplazados en el área de mayor consolidación comercial, las autoridades los han designado como paraderos formales. Esta disposición normativa privilegia la accesibilidad peatonal comercial, pero sacrifica la capacidad de la vía al ubicar la zona de fricción lateral exactamente sobre el área crítica de almacenamiento de colas del semáforo

Figura 176

Punto de control N°2



Nota. Se muestra el punto de control N°2, Fuente propia.

Figura 177

Punto de control N°3



Nota. Se muestra el punto de control N°3, Fuente propia.

- **Sector Sur (Área de Transferencia):**
  - Los Puntos de Control 1 y 4 se ubican al sur de la intersección, operan como zonas de detención altamente activas, consolidadas espontáneamente por la demanda de los usuarios que requieren movilizarse hacia y desde el sur del distrito.

Figura 178

Punto de control N°1



Nota. Se muestra el punto de control N°1, Fuente propia.

Figura 179

Punto de control N°4



Nota. Se muestra el punto de control N°4, Fuente propia.

4.2.3.7.1 Dinámica de Flota, Recorridos y Composición Vehicular

El servicio de transporte público urbano en el área de estudio es operado de manera exclusiva por vehículos de Categoría M2 (combis). Para dimensionar matemáticamente su impacto sobre la fluidez del nodo, se analizó el recorrido direccional, la frecuencia de detención (aforo de 18:00 a 19:00 hrs) y su peso estadístico en el flujo total:

- Dinámica de la Trayectoria Sur-Norte: Las unidades que ingresan desde el sur realizan una primera detención en el Punto 1 (Aproximación), el cual registra la carga operativa más severa con 58 det/h. Esta parada ocurre antes de la línea de pare, estrangulando el ingreso al semáforo. Tras obtener el derecho de paso y cruzar el nodo, las unidades realizan una segunda detención de descarga en el Punto 2 (Descarga), registrando 50 det/h.
- Dinámica de la Trayectoria Norte-Sur: El flujo proveniente del sector comercial norte se detiene inicialmente en el Punto 3 (Aproximación), registrando 24 det/h. Esta acción genera un bloqueo directo en la aproximación norte. Posteriormente, las unidades cruzan la intersección y disipan su carga de pasajeros en el Punto 4

(Descarga), el cual presenta 27 det/h.

- Composición Vehicular Minoritaria: Pese a la notable magnitud visual de las interrupciones en las zonas de aproximación, el aforo demostró que las unidades de Categoría M2 representan el 10.4% de la composición vehicular total. El 89.6% restante está constituido por un flujo mixto dominado por vehículos particulares, taxis y motos.

4.2.3.7.2 Clasificación por Criticidad Operativa Inicial

De manera previa a la validación mediante el software de micro simulación, se catalogó la criticidad fenomenológica de cada punto. Se diferenció el impacto de la fricción lateral dependiendo de si la maniobra ocurre en la fase de aproximación (reduciendo el flujo de saturación s) o en la fase de descarga (donde el impacto sobre el ciclo semafórico es nulo).

Tabla 25

Criticidad operativa de paraderos

Punto de Control	Sentido de Trayectoria	Posición Operativa	Condición	Detenciones (Hora Punta)	Evaluación de Criticidad Inicial
P-01	Sur a Norte	Aguas Arriba (Aproximación)	Informal	58 det/h	Alta: Interferencia directa sobre el área de acumulación de la Av. Camaná Sur. Bloquea físicamente el ingreso de vehículos al nodo durante la fase verde.
P-03	Norte a Sur	Aguas Arriba (Aproximación)	Formal	24 det/h	Media-Alta: Fricción en el cuello de botella comercial. Su legalidad fuerza al 90% del flujo mixto a convivir con el bloqueo antes del semáforo.
P-02	Sur a Norte	Aguas Abajo (Descarga)	Formal	50 det/h	Baja: La maniobra ocurre tras la liberación de la línea de parada, sin restar segundos de verde efectivo a la intersección.
P-04	Norte a Sur	Aguas Abajo (Descarga)	Informal	27 det/h	Baja: Zona de disipación de colas. La fricción lateral es absorbida por la capacidad de reserva del tramo posterior.

Nota. Se muestra Criticidad operativa de paraderos identificados, Fuente: Elaboración propia.

El levantamiento de campo demuestra la existencia de una fricción lateral severa en las aproximaciones (Puntos 1 y 3), donde las detenciones reducen intermitentemente la capacidad de la calzada efectiva. Es imperativo precisar que la cuantificación se restringió exclusivamente a registrar aquellas unidades que efectúan detenciones durante la fase de verde efectivo. Se excluyeron deliberadamente las paradas realizadas durante el ciclo rojo, garantizando así que la muestra refleje únicamente las interrupciones sobre el derecho de paso activo, las cuales generan una fricción lateral real y fuerzan la detención disruptiva de los vehículos subsiguientes. Pero, al definir de manera cuantitativa que el transporte público es una fracción menor de la demanda total, se infiere que su capacidad para inducir por sí solo un colapso sistémico es limitada. Este hallazgo hace necesaria la realización de un análisis de sensibilidad de la variable en el marco metodológico del Highway Capacity Manual (HCM). El mencionado modelado confirmará de forma contundente si esta fricción lateral en pleno ciclo de descarga es la causa de fondo de la degradación del Nivel de Servicio, o bien si el colapso estructural es debido a un diseño ineficiente del controlador semafórico al momento de procesar la demanda base que conforma el 90% restante del flujo vehicular.

4.2.3.7.3 Análisis de la Fricción Lateral según el Highway Capacity Manual (HCM 2022)

Para poder cuantificar la degradación teórica generada por estas condiciones existentes, se aplicó la metodología del Highway Capacity Manual 7th Edición.

El Factor de Ajuste por Bloqueo de Buses f_{bb} permite al HCM modelar el impacto del transporte público. Este factor penaliza el Flujo de Saturación Base de un carril por el tiempo que queda fuera de servicio debido a la maniobra de detención. La ecuación de ajuste general integra este factor de la siguiente manera.:

$$s = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * \dots$$

Donde s es el flujo de saturación ajustado y f_{bb} representa la reducción fraccional de capacidad por el bloqueo.

- El manual establece que la fricción lateral es críticamente penalizante cuando la detención ocurre dentro del área de influencia de la cola del semáforo. Al encontrarse los puntos de parada contiguos al cruce.
- Contraste de Magnitudes y Justificación del Descarte: Aunque el HCM penaliza fuertemente la capacidad del nodo debido a esta fricción geométrica; el rigor analítico exige contextualizar la variable; esto, dado que las unidades M2 representan el 10% del flujo vehicular total, la aplicación aislada del factor "f_{bb}" podría sobredimensionar la responsabilidad de esta minoría en el colapso operativo. Esto hace imperativo aislar la variable en el modelo de Sensibilidad Operativa para determinar cuantitativamente si la intersección falla por culpa de estas detenciones, o si el sistema semafórico es estructuralmente incapaz de procesar la demanda base del 90% restante del flujo mixto.

4.2.3.7.4 Análisis de Sensibilidad Operativa

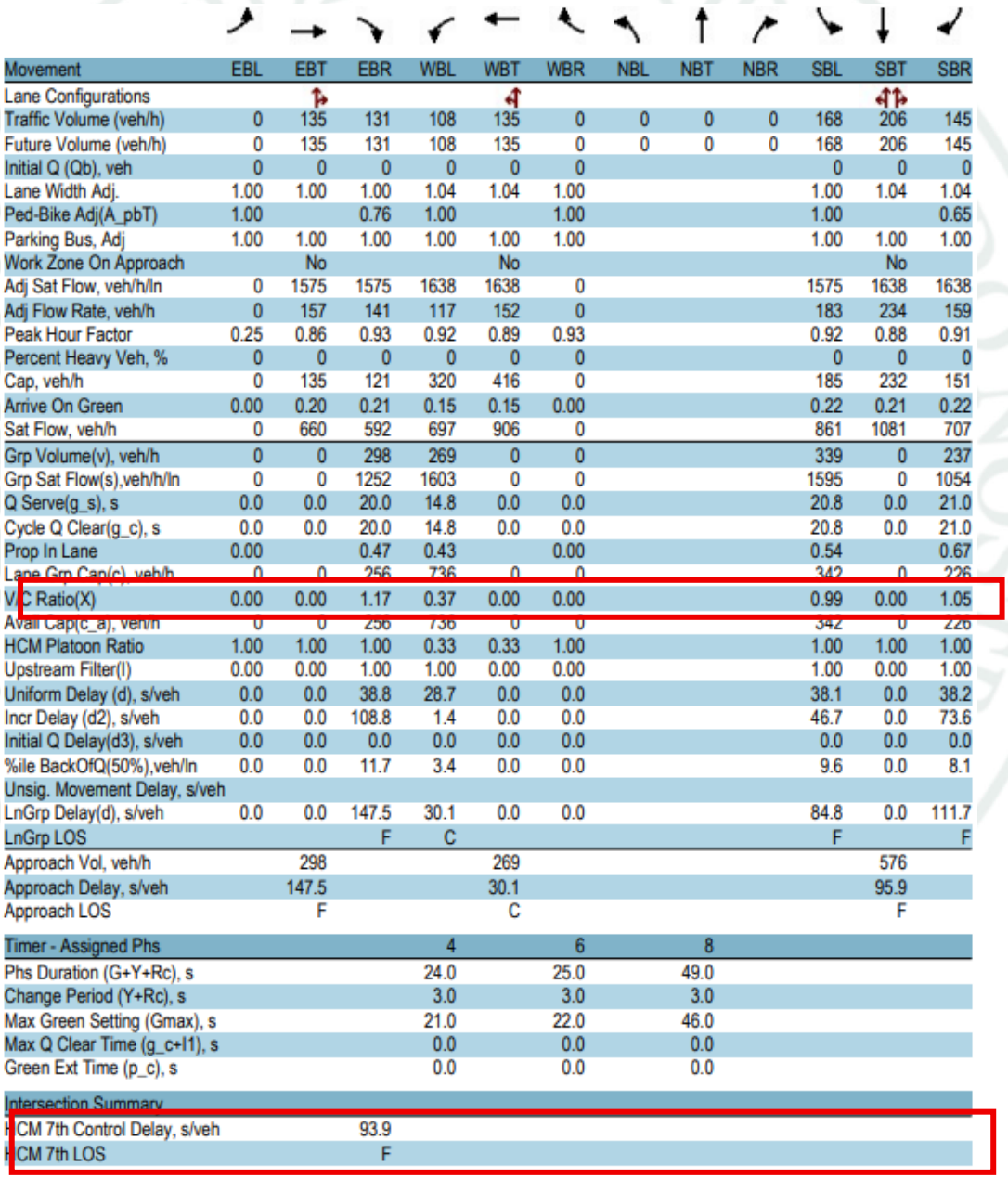
Se ejecutó un análisis y modelado de sensibilidad para cuantificar la incidencia real de las detenciones del transporte público sobre el desempeño del corredor; resulta imperativo precisar que la dinámica de embarque y desembarque se concentra exclusivamente en la Av. Camaná, sin interferencia de paraderos en la vía transversal. El análisis se enfocó en aislar las zonas de mayor fricción lateral identificadas en campo: el acceso Sur en el Nodo 1 y el acceso Norte en el Nodo 2, Para este diagnóstico, se contrastaron dos estados operativos obtenidos mediante el motor de cálculo del HCM 7th Edition.

- **Escenario A Línea Base:** Representa la situación actual con la presencia de bloqueos por unidades M2 en las aproximaciones críticas de la Av. Camaná (Sur en Nodo 1 y Norte en Nodo 2).
-

- **Escenario B Sensibilidad:** Simulación de flujo optimizado mediante la remoción virtual de las penalizaciones por bloqueos de autobús $f_{bb} = 1.0$, asumiendo un escenario de flujo libre de fricción lateral en dichos sectores.

Figura 180

Resultados escenario sin detenciones de transporte público HCM 2022 Nodo 1



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Traffic Volume (veh/h)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Future Volume (veh/h)	0	135	131	108	135	0	0	0	0	168	206	145
Initial Q (Qb), veh	0	0	0	0	0	0				0	0	0
Lane Width Adj.	1.00	1.00	1.00	1.04	1.04	1.00				1.00	1.04	1.04
Ped-Bike Adj(A_pbT)	1.00		0.76	1.00		1.00				1.00		0.65
Parking Bus, Adj	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				1.00	1.00	1.00
Work Zone On Approach		No			No						No	
Adj Sat Flow, veh/h/ln	0	1575	1575	1638	1638	0				1575	1638	1638
Adj Flow Rate, veh/h	0	157	141	117	152	0				183	234	159
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.93	0.92	0.89	0.93				0.92	0.88	0.91
Percent Heavy Veh, %	0	0	0	0	0	0				0	0	0
Cap, veh/h	0	135	121	320	416	0				185	232	151
Arrive On Green	0.00	0.20	0.21	0.15	0.15	0.00				0.22	0.21	0.22
Sat Flow, veh/h	0	660	592	697	906	0				861	1081	707
Grp Volume(v), veh/h	0	0	298	269	0	0				339	0	237
Grp Sat Flow(s),veh/h/ln	0	0	1252	1603	0	0				1595	0	1054
Q Serve(g_s), s	0.0	0.0	20.0	14.8	0.0	0.0				20.8	0.0	21.0
Cycle Q Clear(g_c), s	0.0	0.0	20.0	14.8	0.0	0.0				20.8	0.0	21.0
Prop In Lane	0.00		0.47	0.43		0.00				0.54		0.67
Lane Grp Cap(c), veh/h	0	0	256	736	0	0				342	0	226
V/C Ratio(X)	0.00	0.00	1.17	0.37	0.00	0.00				0.99	0.00	1.05
Avail Cap(c_a), veh/h	0	0	256	736	0	0				342	0	226
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00				1.00	1.00	1.00
Upstream Filter(I)	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00				1.00	0.00	1.00
Uniform Delay (d), s/veh	0.0	0.0	38.8	28.7	0.0	0.0				38.1	0.0	38.2
Incr Delay (d2), s/veh	0.0	0.0	108.8	1.4	0.0	0.0				46.7	0.0	73.6
Initial Q Delay(d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0	0.0	0.0
%ile BackOfQ(50%),veh/ln	0.0	0.0	11.7	3.4	0.0	0.0				9.6	0.0	8.1
Unsig. Movement Delay, s/veh												
LnGrp Delay(d), s/veh	0.0	0.0	147.5	30.1	0.0	0.0				84.8	0.0	111.7
LnGrp LOS			F	C						F		F
Approach Vol, veh/h		298			269						576	
Approach Delay, s/veh		147.5			30.1						95.9	
Approach LOS		F			C						F	
Timer - Assigned Phs				4		6		8				
Phs Duration (G+Y+Rc), s				24.0		25.0		49.0				
Change Period (Y+Rc), s				3.0		3.0		3.0				
Max Green Setting (Gmax), s				21.0		22.0		46.0				
Max Q Clear Time (g_c+I1), s				0.0		0.0		0.0				
Green Ext Time (p_c), s				0.0		0.0		0.0				
Intersection Summary												
HCM 7th Control Delay, s/veh			93.9									
HCM 7th LOS			F									

Nota. Se muestra reporte HCM 2022 del nodo 1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Figura 181

Resultados escenario sin detenciones de transporte público HCM 2022 Nodo 2

Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL	SWR
Lane Configurations											
Traffic Volume (veh/h)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0
Future Volume (veh/h)	160	163	0	0	111	102	132	185	113	0	0
Initial Q (Qb), veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Lane Width Adj.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.04	1.04		
Ped-Bike Adj(A_pbT)	1.00		1.00	1.00		0.79	1.00	0.64	0.64		
Parking Bus, Adj	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Work Zone On Approach		No			No		No				
Adj Sat Flow, veh/h/ln	1575	1575	0	0	1638	1575	1575	1638	1638		
Adj Flow Rate, veh/h	174	177	0	0	123	113	147	127	127		
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.25	0.88	0.90	0.90	0.90	0.94	0.89		
Percent Heavy Veh, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cap, veh/h	350	356	0	0	141	129	321	103	103		
Arrive On Green	0.47	0.46	0.00	0.00	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22		
Sat Flow, veh/h	762	775	0	0	689	633	1500	482	482		
Grp Volume(v), veh/h	351	0	0	0	0	236	147	324	324		
Grp Sat Flow(s),veh/h/ln	1537	0	0	0	0	1321	1500	1230	1230		
Q Serve(g_s), s	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	8.4	21.0	21.0		
Cycle Q Clear(g_c), s	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	8.4	21.0	21.0		
Prop In Lane	0.50		0.00	0.00		0.48	1.00	0.39	0.39		
Lane Grp Cap(c), veh/h	706	0	0	0	0	270	321	264	264		
V/C Ratio(X)	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.46	1.23	1.23		
Avail Cap(c_a), veh/h	706	0	0	0	0	270	321	264	264		
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Upstream Filter(I)	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Uniform Delay (d), s/veh	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	33.5	38.3	38.3		
Incr Delay (d2), s/veh	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	4.6	131.8	131.8		
Initial Q Delay(d3), s/veh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
%ile BackOfQ(50%),veh/ln	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	2.4	13.7	13.7		
Unsig. Movement Delay, s/veh											
LnGrp Delay(d), s/veh	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	67.9	38.2	170.1	170.1		
LnGrp LOS	C					E	D	F	F		
Approach Vol, veh/h		351			236		471				
Approach Delay, s/veh		20.9			67.9		128.9				
Approach LOS		C			E		F				
Timer - Assigned Phs		2		4				8			
Phs Duration (G+Y+Rc), s		25.0		49.0				24.0			
Change Period (Y+Rc), s		3.0		3.0				3.0			
Max Green Setting (Gmax), s		22.0		46.0				21.0			
Max Q Clear Time (g_c+I1), s		0.0		0.0				0.0			
Green Ext Time (p_c), s		0.0		0.0				0.0			
Intersection Summary											
HCM 7th Control Delay, s/veh			79.5								
HCM 7th LOS			E								

Nota. Se muestra reporte HCM 2022 del nodo 2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Comparación de resultados:

Tabla 26

Resultados de sensibilidad operativa de paraderos

Ubicación / Parámetro	Escenario A	Escenario B	Variación (Δ)
NODO 1			
Demora de Control (s/veh)	112.4 s	93.9 s	-18.5 s
Nivel de Servicio (LOS)	F	F	--
Ratio v/c Máximo (SBT)	1.18	1.17	-0.01
NODO 2			
Demora de Control (s/veh)	92.4 s	79.5 s	-12.9 s
Nivel de Servicio (LOS)	F	E	--
Ratio v/c Máximo (NBR)	1.33	1.23	-0.10

Nota. Se muestran los resultados de sensibilidad operativa de paraderos, Fuente propia.

- ✓ En el acceso Sur de la Av. Camaná, el ratio de saturación del movimiento SBT desciende de manera marginal de 1.18 a 1.17 al eliminar la fricción de las combis. A pesar de esta leve mejora, el ratio permanece significativamente por encima de 1.00, lo que indica que el flujo vehicular mixto base es lo suficientemente denso y es suficiente para mantener el acceso colapsado.
- ✓ Sigue persistiendo el LOS F en el nodo principal del corredor. Aunque se observa una reducción en la demora global en ambos nodos (-18.5 s y -12.9 s respectivamente), el sistema en el Nodo 1 permanece con 93.9 s/veh, muy por encima del umbral de falla de 80 s/veh. Esto ratifica que la presencia de paraderos en la Av. Camaná es un síntoma de desorden, pero no la causa principal del Nivel de Servicio deficiente.

- ✓ Al retirar las detenciones en el paradero del Norte (NBR), el ratio de saturación baja de 1.33 a 1.23. Al igual que en el Nodo 1, la demanda de vehículos ligeros o de otras categorías sigue excediendo la capacidad física asignada por el semáforo en un 23%, invalidando la hipótesis de que las combis son las únicas responsables del colapso operativo del sistema.

4.2.3.7.5 Conclusión del Impacto de los paraderos de transporte público

El diagnóstico cuantitativo permite descartar la reubicación de paraderos como una solución efectiva. La ineficiencia operativa del nodo no deriva de la interacción con el transporte público, sino de una insuficiencia de capacidad base para procesar la demanda vehicular predominante bajo las condiciones actuales de control, lo que invalida cualquier propuesta de inversión mayor en infraestructura civil o reordenamiento de paraderos para resolver el problema de saturación. No obstante, si bien los puntos de embarque y desembarque identificados como 1 y 4 operan actualmente bajo una condición de informalidad, se sugiere que, durante la fase de implementación del rediseño, estos espacios sean formalizados mediante la instalación de señalización vertical.

4.2.3.8 Análisis de viabilidad para la segregación de Paraderos de Transporte Público por Tipo de Línea

Como parte del análisis para mitigar la fricción lateral en la intersección de la Av. Camaná y la C. Cayma, se evaluó la propuesta de implementar paraderos diferenciados; es decir, la segregación física de zonas de embarque asignadas por ruta específica. El diagnóstico situacional evidenció que la operatividad del transporte distrital interno es altamente fragmentada. De acuerdo con el Plan de Desarrollo Estratégico Concertado 2018-2030 de la Municipalidad Provincial de Caylloma, en el distrito operan cerca de 20 empresas formales, de las cuales aproximadamente el 90% transita por el área de estudio con sus respectivas unidades, tal como se detalla a continuación:

Tabla 27

Servicio de Transporte Distrital Interno

Nombre de la Empresa de Transporte	Ruta	Frec. Salida (Minutos)	N° Unidades
Empresa de Transporte Nuevo Imperial de La Colina S.R.L.	La Colina E-2	15	12
Empresa de Transporte Nuevo Majes S.C.R.L.	C-1, C-2 y C-3	15	16
Empresa de Transporte Villa San Juan El Alto S.A.	Población de San Juan El Alto y la D-1	20	14
Empresa de Transporte Los Halcones de Majes I.R.L.	La Colina y Ciudad Majes	5	26
Empresa de Transporte Cristo Justo Juez	E-3, E-4, Pionero Bloque-5	20	9
Empresa de Transporte Sol Majeño S.R.L.	E-5, E-6, E-7, E-8 y Pinero.	35	15
Empresa de Transporte Santa María del Sur S.A.	E-1, E-2 y La Colina.	10	12
Empresa de Transporte San Isidro del Sur S.A.	Pedregal Sur y Norte	5	20
Empresa de Transporte Los Molles S.A.	Molles, Laive, Don Bosco, Villa Industrial.	40	1
Empresa de Transporte Real Majes Tour S.A.	Ovalo, Pionero, Bloque-5, Modulo E	35	16
Empresa de Transporte Majestad S.A.	Modulo A y B, Vallecito, Bosque,	20	27
Empresa de Transporte Crucero	Ciudad Majes B	10	24
Empresa de Transporte Los Sabancayas S.R.L.	B-1, B-2 y B-3.	20	10
Empresa de Transporte Pioneros Bloque 5 S.A.	Pedregal Pionero Bloque-5 y Modulo B	5	53
Empresa de Transporte Nuevo Milenio S.R.L.	B-1, B-2, B-3 y B-4.	20	20
Empresa de Transporte Virgen de Copacabana S.A.	D-3 y D-4	50	5
Empresa de Transporte Majeñitos del Colca S.A.	Modulo G y La Quebradita	4	17
Empresa de Transporte Los Reyes del Colca S.A.C.	Sección D-4, Ramal 1 y 2 y 3, COPRAA,	20	10
Empresa de Transporte Beatita del Sur S.A.C.	Alto Sihuas	10	23

Nota. Se muestran las empresas que brindan el servicio de Transporte Distrital Interno, Extraída del PDEC de Caylloma

La evaluación de esta matriz refleja una asimetría crítica en la oferta. Coexisten líneas con frecuencias de salida sumamente cortas (intervalos de 4 a 5 minutos) con otras de baja rotación (hasta 60 minutos de espera). Asimismo, el levantamiento de campo revela una dinámica operativa particular: los paraderos de origen de estas empresas no se ubican sobre el corredor principal de la Av. Camaná, sino que se encuentran desplazados a una distancia de entre dos y cuatro cuadras del nodo en estudio, en las distintas bermas de las calles aledañas temporalmente.

Sin embargo, al iniciar sus recorridos, las unidades ingresan atreves de las distintas calles aguas arriba y abajo a esta vía principal utilizándola como un embudo colector primario para la captación de demanda. Durante este trayecto inicial, realizan paradas continuas para recoger pasajeros en las distintas esquinas, atreves de los paraderos establecidos y consolidando paraderos de facto a lo largo de la vía. Las unidades con dirección al Norte y Oeste ascienden obligatoriamente por esta vía hasta el Óvalo Juan Velasco Alvarado por la Av. El pedregal, mientras que las rutas con dirección Sur comparten la misma vía de descenso hasta el sector de Pedregal Sur y el Este de majes.

Por lo tanto, se determinó que intentar formalizar y separar estas zonas de abordaje temporales por tipo de línea carece de viabilidad práctica. Bajo un esquema segregado, todas las unidades competirían agresivamente por reincorporarse al mismo carril de circulación general para continuar su ruta hacia los nodos de bifurcación, trasladando la fricción desde la acera hacia el centro de la calzada y anulando los beneficios de la canalización.

4.2.3.8.1 Revisión de la Normativa Vigente y Restricciones Geométricas

Desde la perspectiva legal e institucional, el diseño de infraestructura exclusiva y permanente para el transporte público en el área de estudio contraviene el marco regulatorio municipal. Mediante la Ordenanza Municipal N° 017-2024-MPC-CHIVAY, la comuna aprobó el Plan de Reordenamiento de Transporte del Distrito de Majes. En el Artículo Segundo de

dicha ordenanza, se declara expresamente a la Av. Camaná en toda su extensión, así como a las calles transversales y aledañas, como "Vías de acceso restringido para el transporte público".

Esta restricción normativa se erige como una limitación directa para la viabilidad de la propuesta. Si bien se reconoce que en la actualidad existe un desfase en la fiscalización de rutas que permite aun el ingreso de las unidades para recoger pasajeros a lo largo de dichas vías, proyectar paraderos segregados sobre vías jurídicamente restringidas resulta incongruente con la planificación urbana. Plantear una reestructuración macro de las rutas o el reordenamiento de los paraderos formales (ubicados a cuadras del nodo) supera ampliamente el alcance de diseño explicativo de la metodología DMAIC aplicada a esta intersección.

4.2.3.8.2 Conclusión de viabilidad para la segregación de Paraderos de Transporte Público por Tipo de Línea

Tras contrastar la dinámica de operación y el marco legal, se concluyó que la propuesta de segregar paraderos por tipo de línea resulta técnica, normativa y operativamente inviable. No obstante, si bien los puntos de embarque y desembarque identificados en el diagnóstico anterior (Puntos 1 y 4) operan actualmente bajo una condición de informalidad o paradero de facto, se determinó que la contramedida óptima no es su reubicación ni su segregación, sino su formalización in situ.

Por lo tanto, se sugiere que, durante la fase de implementación del rediseño, estos espacios sean formalizados provisionalmente mediante la instalación de señalización vertical. Mantener su ubicación cumple estrictamente con los criterios de la Sección 2.9.7 del Manual de Seguridad Vial del MTC, la cual estipula que las áreas de detención para buses son viables siempre que permitan a las unidades detenerse de forma segura sin afectar negativamente la operatividad del resto del tránsito. Su institucionalización no agravará la demora sistémica y

funcionará estratégicamente como un mecanismo regulador de bajo costo para consolidar el ordenamiento del tránsito en la intersección.

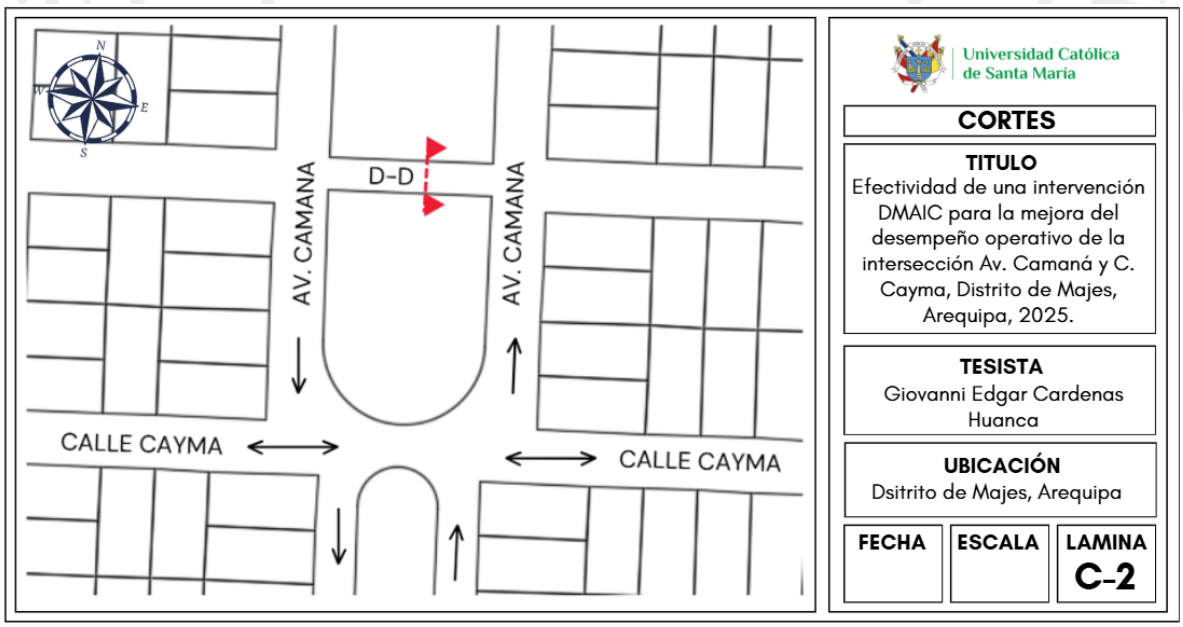
4.2.3.9 Análisis de viabilidad de uso de la vía alterna peatonalizada

Se identificó la existencia de una vía Alterna actualmente peatonalizada y se describió como una causa potencial dentro de la categoría Materiales en el diagrama de Ishikawa, es por ello que se procedió a realizar la validación de uso de dicha calle, El objetivo de este análisis fue determinar si dicha infraestructura posee la capacidad geométrica y operativa para absorber los flujos que actualmente realizan maniobras de retorno Giro en U y giros complejos en el nodo principal. Esta validación es indispensable para confirmar si la inactividad de esta vía es realmente un factor determinante (Causa Raíz) antes de proceder a su jerarquización.

- CORTE D-D: C/SN entre Av. Camaná

Figura 182

Corte D-D



Nota. Se muestra un croquis señalando el corte D-D C/S nombre, Fuente: Elaboración propia.

Se levantaron en campo las dimensiones de los diferentes elementos que componen la geometría vial como se puede ver en la tabla N°28

4.2.3.9.1 Dimensiones geométricas

Tabla 28

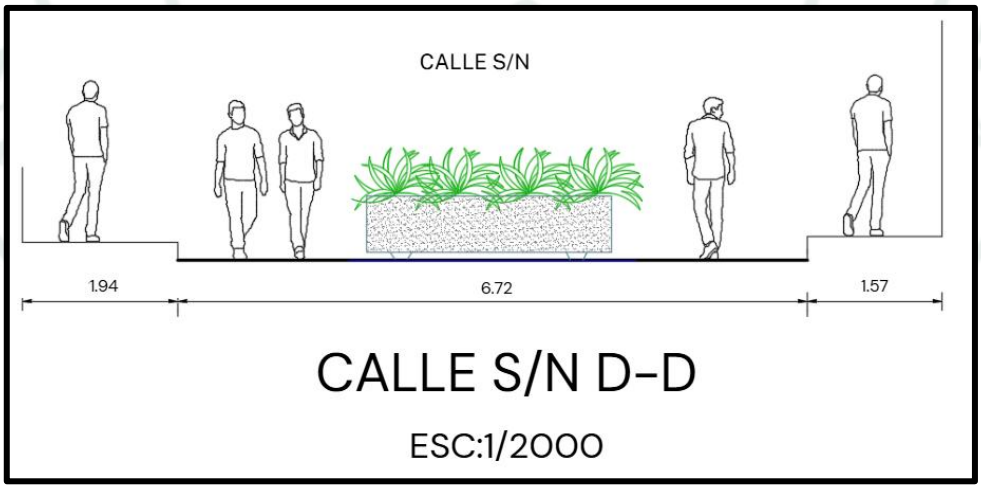
Dimensiones geométricas C. S/nombre

Dimensiones	C. S/nombre
	de oeste a este
# de Carriles	1
Calzada	6.72
Berma	0
Vereda izq.	1.94
Vereda der.	0

Nota. Se muestra las dimensiones geométricas de la C. S/nombre, Fuente: Elaboración propia.

Figura 183

Sección de vía corte D-D



Nota. Se muestra la sección de vía corte D-D, Fuente: Elaboración propia.

Figura 184

Calle S/N



Nota. Se muestra la calle S/N, Fuente propia.

4.2.3.9.2 Análisis de Viabilidad de Desvío:

El análisis de la infraestructura adyacente identificó que la Calle S/N corresponde geométricamente a una Isla o Mediana Central de gran envergadura tipo Alameda, la cual actualmente presenta una subutilización vial en contraste con su vocación comercial y recreativa. La evaluación de esta infraestructura no se reduce a su capacidad de carga, sino que se plantea como el eje estratégico para la externalización de conflictos un punto obligado para la reingeniería del sistema de control en el nodo principal.

El levantamiento de la sección transversal Figura N°183 muestra un ancho total disponible de 6,72 m. Este espacio hoy está destinado dispersamente al flujo peatonal y mobiliario urbano. El estudio normativo considera que esta anchura es suficiente para llevar adelante una solución de uso compartido, es por ello que se plantea la apertura de un carril de retorno al Norte y hacia el Este exclusivo de 3.50 metros cumpliendo con el estándar mínimo para vías de servicio, dejando un remanente de 3.22 metros para la actividad comercial y peatonal. Esa separación física demuestra que se puede incorporar el flujo de vehículos de

regreso sin perder el carácter recreativo de la zona, y de este modo transformar una mediana pasiva en un activo logístico para el sistema vial.

Debido al carácter comercial de la mediana, la incorporación de vehículos produce una nueva interacción con los peatones que cruzan transversalmente a los locales, es por ello que, para disminuir este peligro, se hace obligatoria la instalación de un sistema de control semafórico en la salida de la vía. A diferencia de un cruce libre, este semáforo regulará la descarga de los vehículos hacia la vía principal y simultáneamente, garantizando intervalos de seguridad para el cruce de peatones y asegurando que la mejora en la fluidez vehicular no comprometa la seguridad del usuario vulnerable.

4.2.3.9.3 Análisis peatonal

Para poder asegurar que la viabilidad de uso vehicular de esta vía no comprometa la seguridad de los usuarios vulnerables, resultó indispensable cuantificar la carga peatonal real del sector.

La recolección de datos para este fin se ejecutó mediante un aforo peatonal específico realizado el viernes 09 del mes de enero. El levantamiento de información se programó estratégicamente en la franja horaria de 18:00 a 19:00 horas, coincidiendo de manera exacta con la Hora de Máxima Demanda (HMD).

Figura 185

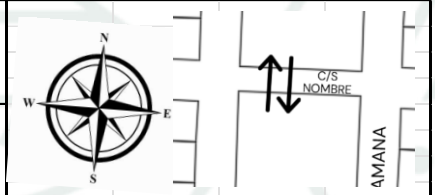
Sentido de registro de aforo peatonal



Nota. Se muestra croquis con Sentido de registro de aforo peatonal, Fuente: elaboración propia.

Figura 186

Consolidado de ficha de conteo peatonal C/S nombre

Universidad Católica de Santa María			Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
FICHA DE CONTEO PEATONAL DE C/S NOMBRE				
FECHA 09/01/2026				
VIA / HORARIO			DE NORTE A SUR	DE SUR A NORTE
TIPO	INICIO	FIN		
PEATONAL	18:00	18:15	97	117
	18:15	18:30	121	213
	18:30	18:45	134	102
	18:45	19:00	89	108
BICICLETAS	18:00	18:15	0	0
	18:15	18:30	1	2
	18:30	18:45	0	1
	18:45	19:00	1	1

Nota. Se muestra Consolidado de ficha de conteo peatonal C/S nombre, Fuente: elaboración propia.

el volumen total asciende a 981 cruces peatonales efectivos durante la hora de máxima demanda. El flujo de cruce alcanza su punto más crítico en el intervalo de 18:15 a 18:30 horas, registrando un total de 334 personas interactuando directamente con la calzada propuesta. Por su parte, el tránsito de bicicletas resulta ser marginal, con apenas 6 cruces registrados en toda la hora.

Esta alta densidad de cruces peatonales transversales de casi 1,000 personas por hora establece una fuerte restricción geométrica y de seguridad, es por ello que se viabilidad operativa de esta sección, se emplea la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2022) para el cálculo del tiempo mínimo de verde peatonal (Gp). Esta métrica garantiza que el pelotón de peatones disponga del tiempo normativo para ingresar y despejar la calzada antes de la liberación de los flujos vehiculares conflictivos.

Considerando el intervalo pico de 15 minutos (18:15 a 18:30 horas) con una carga de 334 cruces efectivos, y bajo la premisa analítica de los 15 ciclos teóricos que transcurrirían en dicho lapso, se estimó un tamaño de pelotón promedio por fase $Nped = 22.27$ peatones

Utilizando la ecuación del HCM 2022 para determinar el tiempo mínimo requerido de verde peatonal

$$Gp = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.81 * \frac{N_{ped}}{W_E})$$

Donde:

- G_p: Tiempo de verde mínimo peatonal, expresado en segundos (s).
- 3.2: Tiempo de percepción, reacción e inicio de marcha del peatón (s).
- L: Longitud del paso de peatones o ancho de la calzada a cruzar (m).
- S_p: Velocidad de caminata del peatón (m/s). El HCM recomienda típicamente usar 1.2 m/s para población general o 1.0 m/s en zonas con alta densidad de adultos mayores o personas con movilidad reducida.

- N_{ped}: Número de peatones que cruzan por ciclo durante un intervalo específico (p).
- W_E: Ancho efectivo del paso peatonal (m) se proyecta al estándar de 3.0 m.

$$Gp = 3.2 + \frac{3.5}{1.20} + \left(0.81 * \frac{22.27}{3}\right) = 12.13\ segundos$$

El procesamiento analítico revela que, bajo las condiciones más críticas del intervalo pico, el pelotón peatonal requiere un mínimo estricto de 12.13 segundos para evacuar la calzada. Incluso al incorporar un criterio de holgura por seguridad vial debido a la dispersión de los transeúntes (proponiendo un rango preventivo de 15 a 18 segundos), este requerimiento consumiría únicamente entre el 25% y 30% del ciclo semafórico asumido para el tanteo.

4.2.3.9.4 Conclusión de análisis peatonal

El análisis preliminar demuestra que la habilitación de la vía transversal de 3.50 metros como desvío es conceptualmente viable. Para poder vaciar de forma segura la carga crítica de 334 cruces efectivos que se produce en el intervalo pico de 15 minutos, el modelo del HCM 2022 requiere un tiempo verde mínimo estricto de 12.13 segundos. Al adoptarse un rango preventivo de 15 a 18 segundos para asegurar la seguridad operativa del usuario vulnerable, la demanda peatonal consume como máximo el 30% de un ciclo semafórico conceptual de 60 segundos. De este modo se elimina el riesgo de colapso por saturación en el crucero y se reserva un remanente holgado de entre 42 y 45 segundos, superior al 70% del tiempo total para la asignación y desahogo de la fase vehicular. Por lo tanto se comprueba la viabilidad geométrica y operativa del espacio.

4.2.3.9.5 Análisis de capacidad vehicular

El cálculo de la capacidad vial para la vía alterna se fundamenta en la reconfiguración de la isla central con un ancho total de 6.72 metros según el levantamiento topográfico realizado. La propuesta consiste en destinar un carril exclusivo de 3.50 metros para el flujo vehicular de retorno, dejando un espacio remanente de 3.22 metros para la zona comercial y el tránsito peatonal, asegurando una sección plana y sin obstáculos para la circulación. Para determinar la suficiencia de este carril, se utiliza la metodología del Highway Capacity Manual (HCM) ajustada con el flujo de saturación ideal de 1,750 veh/h/carril valor usado para la medición de la zona de estudio.

La capacidad real del carril propuesto C_{real} se obtiene mediante la aplicación de factores de ajuste que reflejan las condiciones del entorno:

$$C_{real} = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * (\frac{g}{C})$$

Donde el flujo base S_0 es de 1,750 vphpc. Se asigna un factor por ancho de carril f_w de 1.00 dado que los 3.50 metros cumplen con el estándar óptimo. El factor de vehículos pesados f_{HV} se establece en 1.00 (ya que sesta trabajando con UCP), y el factor de pendiente f_g es de 1.00 al ser un terreno plano. Se aplica un factor de fricción por zona comercial f_p de 0.85 y una relación de verde semafórico g/C proyectada de 0.40 para la regulación de salida, resultando en una capacidad de diseño de aproximadamente 595 vehículos por hora.

$$C_{real} = 1750 * 1.00 * 1.00 * 0.85 * 0.40 \approx 595\ vph$$

Para contrastar esta oferta con la demanda real, se considera el volumen de 111 vehículos por hora identificado en los aforos como el flujo crítico que actualmente realizan la

maniobra 4 de retorno al norte y genera conflictos en la intersección. Al aplicar el Factor de Hora Punta (PHF) de 0.92 calculado para esta maniobra, se obtiene una demanda ajustada (v) de 121 veh/h , por lo que la relación de volumen capacidad resulta ser:

$$\frac{v}{C} = \frac{121}{595} = 0.21$$

La demanda de 111 vehículos/hora, ajustada a 121 veh/h por el Factor de Hora Punta de 0.92 representa solo el 21% de la capacidad de la nueva vía. Esto confirma que la salida de la nueva calle operará con un flujo libre y un nivel de servicio optimo.

además, si también a esta vía se propone el uso para la maniobra 3, que según aforo realizado cuenta con una demanda de 57 veh/h y FHP 0.93, cuya demanda ajustada resulta ser 62 veh/h la relación volumen capacidad considerando la maniobra 3 y 4 seria juntas serias:

$$\frac{v}{C} = \frac{121 + 62}{595} = 0.31$$

Bajo el escenario de carga combinada Maniobras 3 y 4, la vía operaria al 31% de su capacidad. A pesar de la adición del flujo de la Maniobra 3, la infraestructura se percibe con un Nivel de Servicio aceptable. Se concluye de este análisis que la propuesta de diseño de 3.50 m con al menos un valor g/C de 0.40 para el retorno vehicular es plenamente capaz de absorber y evacuar Las maniobras 3 y 4.

4.2.3.9.6 Conclusión de Viabilidad de Desvío uso de la vía alterna peatonalizada

Se concluye que la reconfiguración de la Isla Central es técnica, geométrica y operativamente viable. Con un ancho de 6.72 m, la infraestructura posee la capacidad para alojar el carril de desvío requerido para la maniobra 3 y 4 sin eliminar la función peatonal. Esta intervención resulta indispensable para eliminar los conflictos de giro del nodo principal, permitiendo la transición exitosa de un semáforo de 4 fases a uno de 2 fases de forma segura, estrategia planteada para la recuperación de la capacidad operativa del sistema.

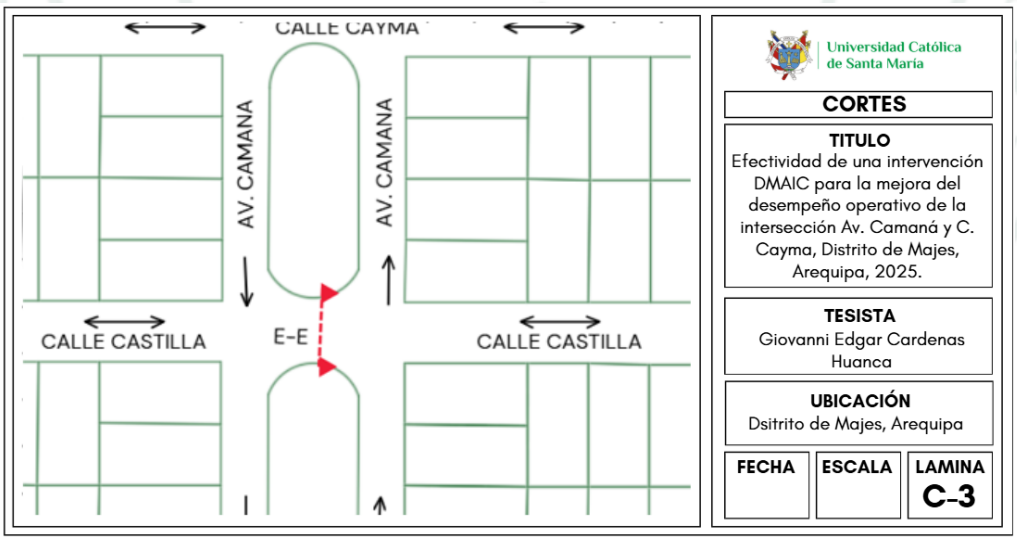
4.2.3.10 Análisis de viabilidad de uso de C. Castilla

Como estrategia de mitigación para descongestionar el nodo principal, se plantea la utilización de la infraestructura vial adyacente. Se selecciona la Calle Castilla para externalizar la maniobra 7 y 8 de retorno. A continuación, se evalúan sus características físicas y operativas.

- CORTE E-E: Calle Castilla

Figura 187

Corte E-E



Nota. Se muestra un croquis señalando el corte E-E C. Tiabaya, Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.10.1 Dimensiones geométricas

Tabla 29

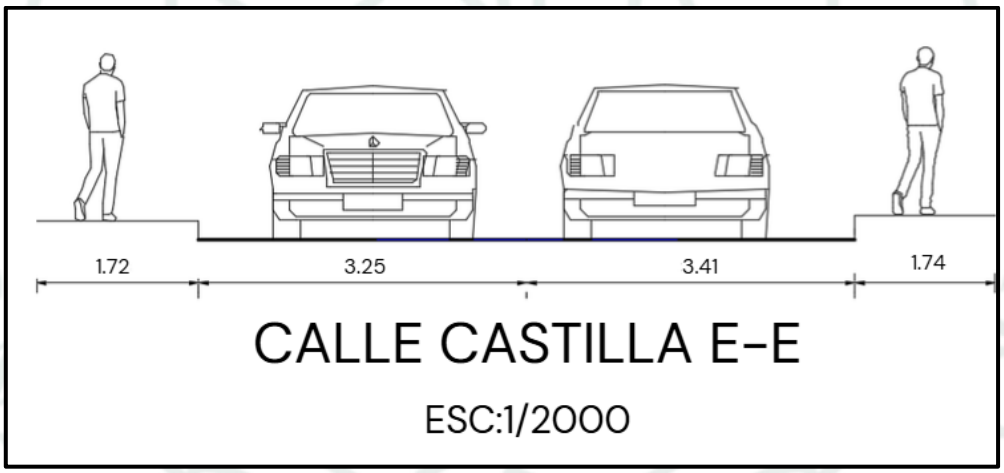
Dimensiones geométricas de la C. Castilla

Dimensiones	Ca. Castilla	
	(norte)	(sur)
# de Carriles	1	1
Dimensión de carril	3.41	3.25
Calzada	6.66	
Veredas	1.74	1.72

Nota. Se muestra las dimensiones geométricas de la C. Tiabaya, Fuente: Elaboración propia.

Figura 188

Sección de vía corte E-E



Nota. Se muestra la sección de vía corte E-E, Fuente: Elaboración propia.

Figura 189

Calle Castilla



Nota. Se muestra la calle Castilla, Fuente propia.

4.2.3.10.2 Análisis de Viabilidad de Desvío Maniobra:

El análisis de la infraestructura vial adyacente identificó a la Calle Castilla como el componente estratégico para la implementación de la Externalización de Conflictos.

Geométricamente, la vía corresponde a una calzada activa de doble carril con un ancho total de 6.66 metros. Si bien la calle se encuentra operativa, la inspección visual de campo evidencia una demanda vehicular mínima en relación con su amplia oferta física. Actualmente, se observa un flujo discontinuo y esporádico que no satura la vía, lo que denota un alto margen de capacidad disponible para asumir funciones logísticas de mayor jerarquía.

Debido al carácter comercial de la zona, la necesidad de mitigar la intersección de salida y entrada se hace necesaria por la intensificación del uso vehicular que se genera con la incorporación de las maniobras 7 y 8. De ser viable, debe establecerse la imperativa implementación de un sistema de control de paso para la reincorporación segura a la avenida principal. Este dispositivo cumplirá una doble función crítica: regular la descarga segura de los

vehículos desviados y garantizar fases o brechas para proteger el cruce transversal de peatones hacia los locales comerciales, asegurando la convivencia segura entre el nuevo flujo vehicular y la dinámica peatonal existente.

4.2.3.10.3 Análisis de capacidad de uso de vía maniobra 7 y 8

El cálculo de la capacidad vial para el uso de la calle Castilla se realizó respetando las dimensiones actuales según el levantamiento topográfico. Se pretende utilizar el carril derecho existente de 3.41 m (redondeado a 3.50 m para diseño) para el flujo vehicular de retorno y giro, asegurando una sección plana y sin obstáculos para la circulación.

Para determinar la suficiencia de este carril, se utiliza la metodología del Highway Capacity Manual (HCM) ajustada con el flujo de saturación ideal de 1,750 veh/h/carril (UCP), valor calibrado para la zona de estudio.

La Capacidad Real C_{real} del carril propuesto se obtiene mediante la aplicación de factores de ajuste que reflejan las condiciones del entorno:

$$C_{real} = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * (\frac{g}{C})$$

Donde el flujo base S_0 es de 1,750 vphpc. Se asigna un factor por ancho de carril f_w de 1.00 dado que los 3.50 metros cumplen con el estándar óptimo. El factor de vehículos pesados f_{HV} se establece en 1.00 (ya que sesta trabajando con UCP), y el factor de pendiente f_g es de 1.00 al ser un terreno plano. Se aplica un factor de fricción por zona comercial f_p de 0.85 y una relación de verde semafórico g/C proyectada de 0.40 para la regulación de salida, resultando en una capacidad de diseño de aproximadamente 892 vehículos por hora.

$$C_{real} = 1750 * 1.00 * 1.00 * 0.85 * 0.40 \approx 595\ vph$$

Para contrastar esta oferta con la demanda real, se considera el volumen de 62 vehículos por hora identificado en los aforos como el flujo crítico que actualmente realizan la maniobra de retorno al sur y genera conflictos en la intersección. Al aplicar el Factor de Hora Punta (PHF) de 0.92 calculado para esta maniobra, se obtiene una demanda ajustada (v) de 68 veh/h , por lo que la relación de volumen capacidad resulta ser:

$$\frac{v}{C} = \frac{68}{595} = 0.11$$

La demanda de 62 vehículos/hora, ajustada a 68 veh/h por el Factor de Hora Punta de 0.92 representa solo el 11% de la capacidad de la nueva vía. Esto confirma que la salida de la nueva calle operará con un flujo libre y un nivel de servicio optimo.

Además, si también a esta vía se propone el uso para la maniobra 7, que según aforo realizado cuenta con una demanda de 70 veh/h y FHP 0.93, cuya demanda ajustada resulta ser 76 veh/h la relación volumen capacidad considerando la maniobra 7 y 8 seria juntas serias:

$$\frac{v}{C} = \frac{68 + 76}{595} = 0.25$$

Bajo el escenario de carga combinada Maniobras 7 y 8, la vía operaria al 25% de su capacidad. A pesar de la adición del flujo de la Maniobra 7, la infraestructura se percibe con un Nivel de Servicio aceptable. Se concluye de este análisis que la propuesta es plenamente capaz de absorber y evacuar Las maniobras 7 y 8 quedando un remanente de más del 70% al flujo bajo actual.

4.2.3.10.4 Conclusión de Viabilidad de Desvío:

Se concluye que el uso de la calle Castilla para las maniobras 7 y 8 es técnica, geométrica y operativamente viable. Con un ancho de 3.41 m, la infraestructura posee la capacidad para alojar a la demanda actual. Esta intervención resulta indispensable para eliminar los conflictos de giro del nodo principal, permitiendo la transición exitosa de un semáforo de 4 fases a uno de 2 fases, estrategia central para la recuperación de la capacidad operativa del sistema.

4.2.3.11 Conclusión de la fase Analizar

La fase de análisis determina que el desempeño operativo deficiente de la intersección es una consecuencia directa de la interferencia geométrica provocada por las maniobras complejas y de retorno en el núcleo del nodo. Se concluye que el esquema de control de cuatro fases necesario actualmente para proteger los giros en U y los giros que implican cruzar más de un carril fragmenta el tiempo de verde efectivo, generando demoras prolongadas por vehículo y colas críticas. Al comparar esta condición operativa con las Secciones 2.4 y 2.7.3 del Manual de Seguridad Vial (MTC, 2017), se puede apreciar que la configuración actual es muy exigente en las tareas de control, orientación y navegación. Esto sobrecarga la capacidad de procesamiento de información del conductor y aumenta la posibilidad de errores de percepción. De ahí que se demuestre que con el diseño actual no existe posibilidad de mejora operativa importante. Los conflictos de giro deben separarse físicamente.

Se determina, además, que la propuesta de externalizar los retornos y maniobras complejas es factible desde el punto de vista técnico, gracias al espacio disponible en la Isla Central y a la infraestructura vial cercana. Al crear un carril exclusivo de 3.50 metros en la isla norte, y utilizar la calle existente en la alameda Sur, se logra la eliminación de los puntos de cruce críticos en el semáforo principal. Esta reingeniería geométrica se basa en el principio de

“Homogeneidad” que se encuentra en la Sección 1.7.4 de los Principios Básicos de la Infraestructura Vial Segura del MTC. Este principio consiste en reducir al mínimo las diferencias de dirección y velocidad de los vehículos que se encuentran en una misma intersección. La medida no sólo es el requisito técnico necesario para que la operación se simplifique a sólo dos fases de alta capacidad. También se logrará recuperar el flujo libre en Av. Camaná sin afectar la zona comercial y resguardando una sección peatonal de 3.22 metros, cumpliendo con la protección prioritaria a los Usuarios Vulnerables (UVV) que indica la Sección 2.5.2 del manual.

Por último, el estudio termina confirmando la necesidad de colocar semáforos en la salida de la nueva vía de retorno que se está proponiendo. Éste trata de ordenar su incorporación a la vía principal, según las normas de control seguro de accesos e intersecciones (Sección 2.9.3 del MSV). Esta medida se aplicará conjuntamente con la prohibición obligatoria de realizar giros en U y giros a la izquierda en los accesos Sur y Norte. El eliminar estas maniobras garantiza que, en la siguiente etapa de implementación (Mejorar), el alivio de la congestión de autos se logre con los mejores niveles de seguridad vial. De esta manera se disminuye la exposición al riesgo por la forma de la vía y se transforma un punto saturado en un corredor eficiente, predecible y ajustado a la demanda real medida en campo.

4.2.4 IMPLEMENTAR

En esta etapa se priorizó la concreción de las soluciones que se diseñarán para mejorar la eficiencia del nodo, transformando el sustento obtenido en el análisis a una intervención operativa, asegurando que la infraestructura brinde un nivel de servicio eficiente y seguro para el tránsito vehicular y peatonal en Majes.

4.2.4.1 Objetivo y Estrategia de la Propuesta de Intervención

4.2.4.1.1 Objetivo

El objetivo fundamental de la propuesta es mejorar el desempeño operativo de la intersección, transformando su dinámica actual de saturación en un sistema de alta eficiencia, se busca reducir a 2 el número de fases del sistema de control semafórico para así optimizar las dimensiones de movilidad urbana, reduciendo drásticamente las demoras de control para elevar la calidad del servicio ofrecido al usuario, transitando de un Nivel de Servicio crítico (LOS F) a estándares de flujo estable y continuo. Simultáneamente, además la intervención tiene como fin garantizar íntegramente la seguridad vial, mitigando así la exposición al riesgo mediante la segregación física de flujos y la protección de los usuarios vulnerables en la zona comercial.

4.2.4.1.2 Estrategia

La estrategia para alcanzar el objetivo planteado se fundamenta en la externalización selectiva de los movimientos de retorno y giros que impliquen el cruce de más de 1 carril. El diagnóstico de la fase anterior determinó que la fricción que colapsa el nodo proviene de dos maniobras de giro en "U" e izquierda que actualmente compiten por el mismo espacio en el centro de la intersección.

La propuesta plantea soluciones diferenciadas según la geometría y disponibilidad de infraestructura para cada sentido:

- Segregación del retorno Norte-Norte y desplazamiento Norte-Este: Para el flujo proveniente del Norte que requiere retornar (111 UCP/h) mientras que para el

este (57 UCP/h), la estrategia consiste en la activación de la infraestructura subutilizada en la Isla Central. Se habilitará funcionalmente una parte de la calle adoquinada existente, actualmente bloqueada, como un carril exclusivo de giro hacia el este y para los vehículos de retorno posteriormente al norte. Esto permite que estos vehículos realicen la maniobra de retorno y giro complejo antes de ingresar al cuadro de la intersección, eliminando completamente su interferencia con el flujo troncal.

- Canalización del Retorno Sur-Sur: Para el flujo proveniente del Sur, se tiene como estrategia la derivación hacia circuitos externos. Se utilizará la señalización vertical e informativa para dirigir a estos usuarios hacia la infraestructura vial adyacente (calles laterales o retornos existentes aguas abajo), prohibiendo estrictamente el giro en "U" en el semáforo principal.
- Simplificación del Modelo de Control: Al externalizar ambos movimientos de retorno por rutas distintas y segregadas, se libera al núcleo de la intersección. Esta limpieza operativa es el habilitador clave que permite migrar de un control semafórico de cuatro fases actual hacia uno más eficiente de dos fases, maximizando así el tiempo de verde para los movimientos directos, garantizando la fluidez continua.

4.2.4.2 Diseño y Verificación de habilitación de vía alterna

4.2.4.2.1 Configuración de la sección transversal en la Isla Central

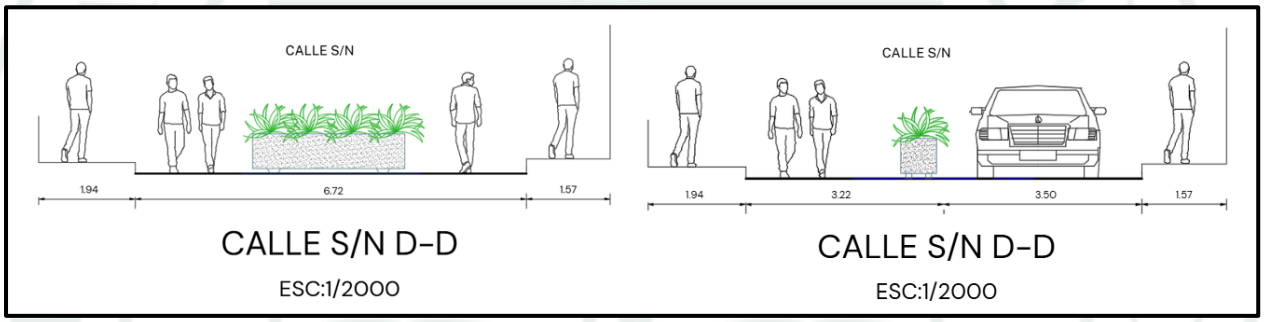
El levantamiento topográfico y el inventario vial de la infraestructura existente confirman que la Isla Central dispone de una plataforma adoquinada con un ancho total libre de 6.72 metros entre sardineles. El análisis de la sección transversal determina que este espacio es geométricamente suficiente para albergar un perfil mixto que segregue el tránsito vehicular

del peatonal sin requerir expropiaciones ni modificaciones estructurales a la plataforma base.

La distribución espacial como se muestra en la figura 197 el antes y la propuesta, se ha definido priorizando la seguridad de los usuarios vulnerables, conforme a los lineamientos del Manual de Seguridad Vial (MTC, 2017), que recomienda establecer zonas laterales libres de obstáculos y áreas de resguardo en entornos de alta actividad comercial para mitigar el riesgo de conflicto vehículo-peatón.

Figura 190

Vista de corte D-D actual VS propuesto



Nota. Se muestra la vista de corte D – D actual VS propuesto, Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.2.2 Diseño del carril alterno y zona de resguardo peatonal.

Para garantizar la operatividad del flujo de retorno bajo condiciones de seguridad, se ha diseñado la siguiente configuración geométrica:

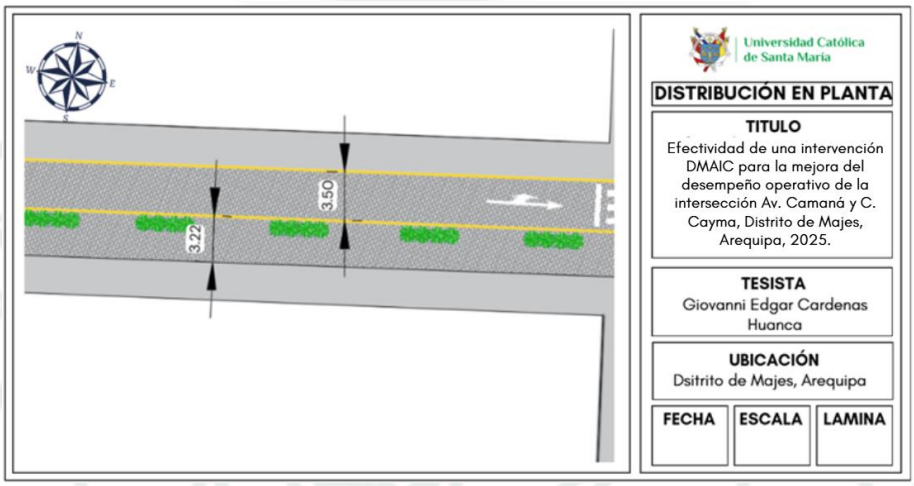
- Calzada Vehicular: Se define un ancho de carril de 3.50 metros, dimensión estándar para vías urbanas secundarias que permite la circulación fluida del vehículo de diseño, con las holguras laterales necesarias. Este ancho asegura y permite que el vehículo pueda realizar la maniobra de inscripción en curva sin invadir las zonas adyacentes, manteniendo así una velocidad de operación controlada de 20 a 30 km/h.

- Zona de Resguardo Peatonal: El remanente del espacio, que equivale a 3,22 metros, está destinado exclusivamente a formar una franja de circulación peatonal y de amortiguamiento comercial. Esta separación física es fundamental para cumplir con el principio de Protección de Usuarios Vulnerables del Manual de Seguridad Vial (MTC, 2017), el cual señala que en las zonas de alta fricción lateral se debe garantizar una separación física clara entre el flujo motorizado y el humano.
- Demarcación de Límites: La delimitación entre ambas zonas se establecerá primariamente mediante señalización horizontal continua (Línea de Borde de Calzada), según las especificaciones de Líneas de Canalización del Manual de Dispositivos de Control (MTC, 2024). Sin embargo, para garantizar el confinamiento efectivo del carril y evitar maniobras de invasión sobre la zona peatonal, se implementará una barrera física discontinua mediante la colocación estratégica de mobiliario urbano paisajístico tales como maceteros de concreto o jardineras. Estos elementos cumplirán una doble función técnica:
    - ✓ Barrera de Seguridad: Actúan como obstáculos verticales visibles que disuaden físicamente al conductor de estacionar o transitar sobre la franja de resguardo.
    - ✓ Canalización Visual: Refuerzan la percepción del estrechamiento de la vía, induciendo una reducción natural de la velocidad sin la agresividad de un guardavía metálico, integrándose armónicamente con el entorno comercial.

Distribución en Planta de la Isla Central.

Figura 191

Distribución en planta isla central



Nota. Se muestra la vista en planta de la distribución de la isla central, Fuente: Elaboración propia.

Distribución vista desde arriba mostrando el carril de 3.50m pegado al borde interno hacia el mercado triunfo 2000 y la zona peatonal de 3.22m pegada a parque de la cultura.

4.2.4.2.3 Evaluación de la Servicio y Condiciones de Seguridad de la Superficie

La viabilidad operativa del carril de retorno propuesto depende estrictamente de que la infraestructura existente garantice condiciones seguras de interacción neumático-pavimento. Si bien la estructura de pavimento articulado es apta, por diseño, para la carga solicitada, su estado de conservación actual, derivado de su subutilización, exige intervenciones correctivas previas a la puesta en servicio.

Se establecen los siguientes criterios técnicos de adecuación:

- **Verificación de la Capacidad Estructural para Tránsito Ligero**: La plataforma está constituida por un pavimento Inter trabado de concreto. Este tipo de superficie es técnicamente idónea para soportar las cargas del vehículo de diseño, dado que la propuesta restringe explícitamente el ingreso de transporte de carga pesada. Por lo tanto, no se requiere refuerzo estructural ni recapeo asfáltico, validando el uso de la infraestructura instalada como una solución costo-eficiente.
- **Corrección de la Regularidad Superficial:** Mediante inspección visual, se han identificado zonas puntuales con asentamientos diferenciales producto del acomodo natural de la base granular. El plan de adecuación exige el reconfite y nivelación de los adoquines en aquellas áreas donde la depresión supere los 10 mm.
- **Restitución de la Macro textura y Resistencia al Deslizamiento**: El Manual de Seguridad Vial (MTC, 2017) establece que la fricción superficial es el parámetro fundamental para la seguridad en zonas de frenado y giro. Actualmente, la superficie presenta acumulación de material particulado tierra y sedimentos que actúa como lubricante, reduciendo drásticamente la adherencia. Se prescribe la ejecución de una limpieza mecánica profunda o hidro lavado a presión para exponer la textura rugosa del concreto. Y así Recuperar la macro textura del pavimento para asegurar una distancia de frenado segura y prevenir el derrape en condiciones de lluvia.
- **Gestión de la Zona Libre de Obstáculos:** La presencia actual de elementos como cadenas, postes provisionales y bolardos de concreto en el acceso representa un riesgo de seguridad pasiva inaceptable. Se debe realizar la

remoción total de elementos fijos no normados dentro del ancho útil de 3.50 m. Esta acción cumple con el principio de Zona Libre de Obstáculos del MTC (2017), transformando un espacio restringido en una vía indulgente que permite la incorporación segura del flujo vehicular sin barreras laterales rígidas.

4.2.4.3 Conservación y Formalización de Paraderos In Situ

Durante la formulación de las propuestas de rediseño geométrico, se evaluó la pertinencia de reubicar o segregarlos en otras zonas del área de influencia del nodo. Si bien la modificación de la geometría vial central podría sugerir una reubicación complementaria de las zonas de embarque, esta alternativa fue descartada de manera concluyente. En su lugar, se decidió seguir una estrategia de continuidad de uso de paraderos existentes y formalización transitoria in situ de los paraderos informales estudiados, basada en tres criterios, la delimitación del alcance espacial frente a la normativa vigente, la ineficacia cuantitativa sobre la saturación del nodo y las limitantes físicas de la sección vial.

Como primera se tiene la Ordenanza Municipal N° 017-2024-MPC-CHIVAY, restricción normativa ligada a la limitación espacial de la investigación, el cual declara como vías de acceso restringido para la circulación del transporte público, a la Av. Camaná y la C. Cayma, en toda su extensión. Por lo tanto, la reubicación de los paraderos dentro del mismo corredor vial no es una alternativa técnicamente y legalmente viable, pues una reubicación definitiva implicaría el retiro del corredor de las rutas de transporte público y su redistribución hacia vías alternas autorizadas. Sin embargo, la misma ordenanza también introduce restricciones en varias calles próximas, disminuyendo la disponibilidad de corredores alternativos inmediatos. En este contexto, toda propuesta de reubicación tendría que pasar por un detallado estudio de planificación del transporte que incluya el diseño y evaluación de nuevas rutas, análisis de la capacidad operativa de las vías de destino, estimación de la demanda de pasajeros, identificación de nuevas paradas y evaluación de sus impactos sobre la red vial

adyacente. Este nivel de intervención se corresponde con una escala de planificación urbana y de transporte que sobrepasa el alcance declarado de la presente investigación.

En segundo lugar, la Ineficacia Cuantitativa sobre la Demora Sistémica, Aun asumiendo un escenario hipotético donde el alcance metodológico permitiera la reubicación de los paraderos, el diagnóstico cuantitativo del modelo base demostró que retirar a las unidades de transporte de la avenida no solucionaría el problema de saturación de la intersección.

El flujo de transporte público (vehículos de categoría M2) representa únicamente el 10.4% de la demanda total del nodo. Al simular la supresión absoluta del bloqueo generado por estas unidades (asignando un factor de ajuste por bloqueo de buses $f_{bb} = 1.0$, el índice de saturación máximo (v/c) solo experimentó una reducción marginal, pasando de 1.33 a 1.23. Esto demostró de manera matemática que el colapso operativo no procede de la geometría de los paraderos ni de su fricción lateral, sino de la capacidad insuficiente del esquema de fases semafóricas para procesar el volumen del flujo mixto predominante (89.6%). En consecuencia, invertir en obras civiles para reubicar paraderos constituiría un esfuerzo ineficiente que no mitigaría la demora sistémica.

Por último, el Carácter Transitorio de la Formalización In Situ (Señalización Vertical) Como contramedida táctica frente a la imposibilidad legal y metodológica de reubicarlos, se determinó la formalización de 2 paraderos, Puntos 1 y 4 en su ubicación actual, pero con un carácter estrictamente provisional. Es preciso señalar que esta formalización se plantea únicamente a través de señalización vertical, descartando totalmente la construcción de dársenas, bahías o cualquier tipo de estructura civil permanente. Esta decisión está motivada por los siguientes factores:

- Limitación Geométrica: El levantamiento topográfico evidenció que las aceras en el área comercial tienen un ancho reducido.. La inserción de mobiliario urbano pesado o bahías de concreto imposibilitaría el flujo peatonal seguro.

- Prevención de Costos Hundidos: Dado que la Ordenanza N° 017-2024-MPC-CHIVAY prohíbe el tránsito de estas unidades en la vía, la operación actual posee un carácter temporal (de facto). Proponer infraestructura civil permanente constituye un gasto ineficiente en una vía que, a mediano plazo, será restringida. Por consiguiente, quedó establecido que la señalización vertical propuesta deberá ser retirada por completo una vez que la municipalidad ejecute la reestructuración integral de las líneas.
- Cumplimiento de Seguridad Vial: La formalización temporal mediante elementos verticales permitiría ordenar el abordaje actual, acatando los lineamientos de la Sección 2.9.7 del Manual de Seguridad Vial del MTC. Esta normativa estipula que las áreas de detención son viables siempre que permitan maniobras previsibles a corto plazo sin agravar la operación general de la red, consolidando así el ordenamiento del sector sur de la intersección.

4.2.4.4 Diseño del Sistema de Control Semafórico Vehicular en el nodo principal

La propuesta establece la migración de un sistema de cuatro fases a uno de dos fases vehiculares, esto va a ser soportado por la externalización de los movimientos de retorno hacia las vías alternas.

4.2.4.4.1 Identificación y Cuantificación de Puntos de conflicto Activos en la intersección

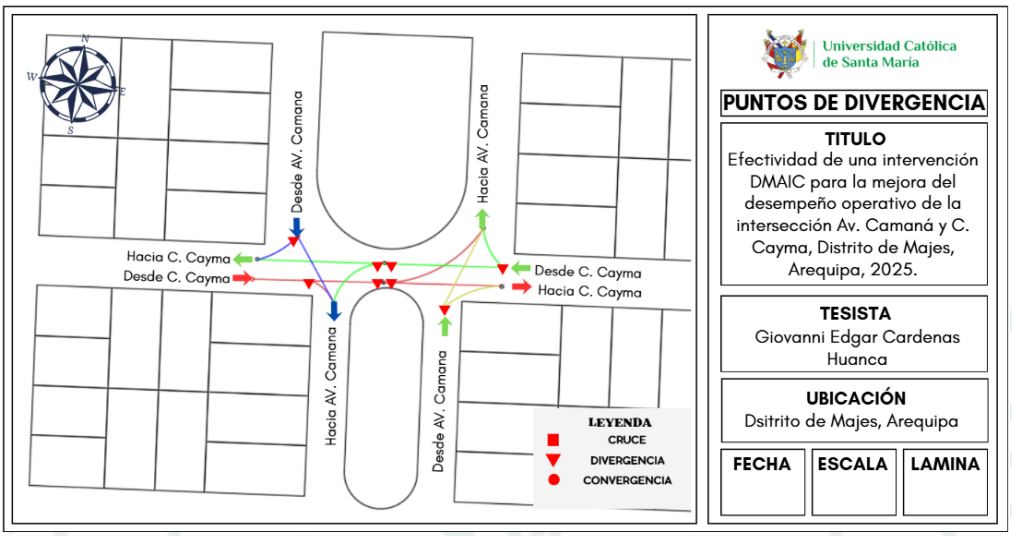
Tras la externalización estratégica de retornos y giros a la izquierda complejos, se realizó un nuevo análisis de las trayectorias vehiculares. Este análisis confirma una reducción drástica en la matriz de vulnerabilidad de la intersección.

El nuevo escenario espacial presenta un total de 16 Puntos de Conflicto Activos. A diferencia del análisis anterior de la intersección que generaba 34 puntos, esta matriz residual exhibe una topología simplificada, clasificada espacialmente de la siguiente manera.

- Puntos de divergencia

Figura 192

Puntos de divergencia propuesto

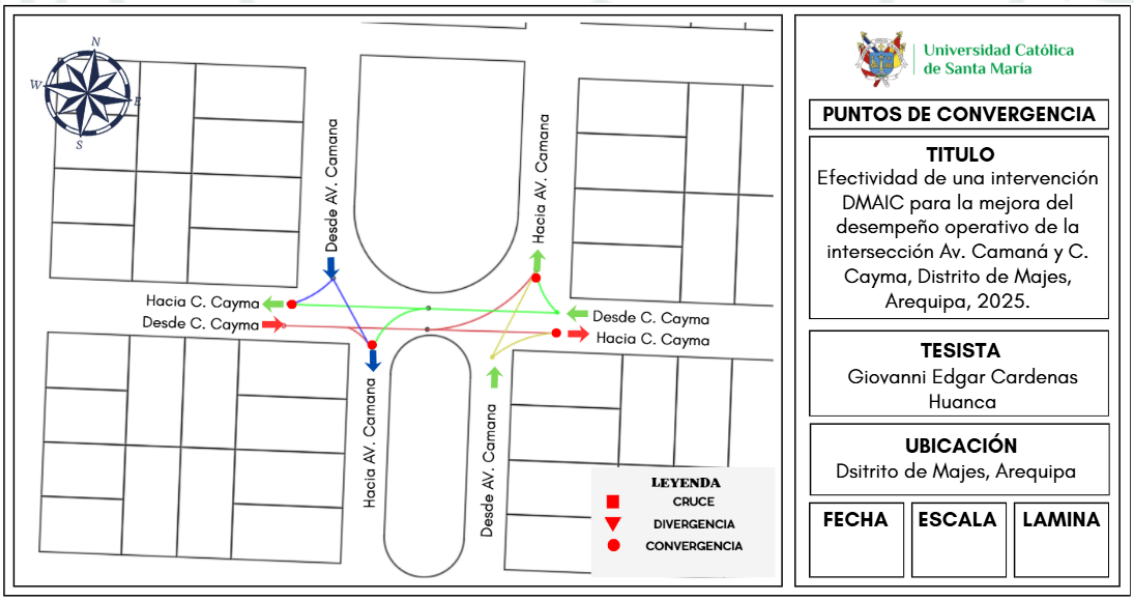


Nota. Se muestra los puntos de divergencia propuesto, Fuente: Elaboración propia.

- Puntos de convergencia

Figura 193

Puntos de convergencia propuesto

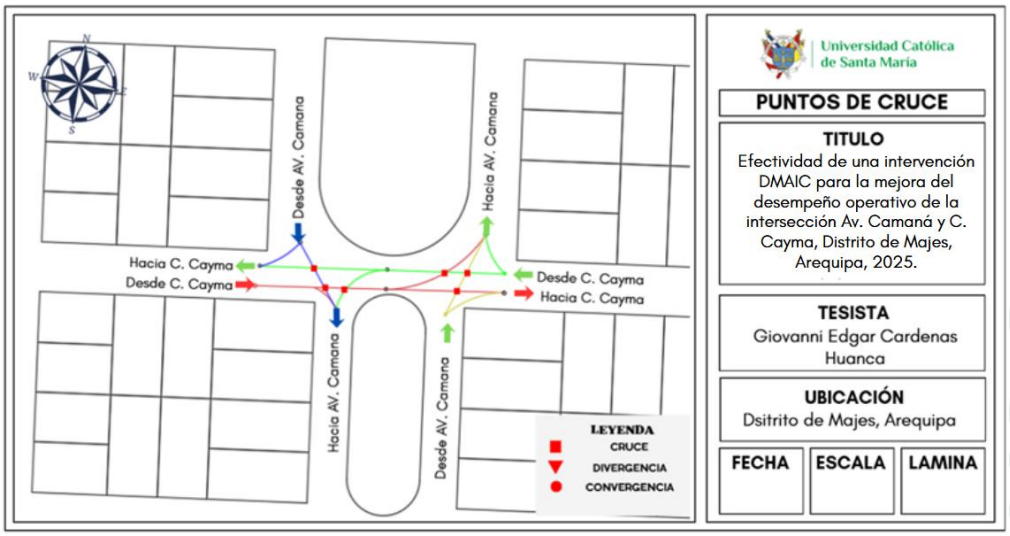


Nota. Se muestra los puntos de convergencia propuesto, Fuente: Elaboración propia.

- Puntos de Cruce

Figura 194

Puntos de cruce propuesto



Nota. Se muestra los puntos de cruce propuesto, Fuente: Elaboración propia.

En el escenario propuesto, los puntos donde las trayectorias se interceptan se categorizan de la siguiente manera para su gestión:

- Puntos de Cruce: Corresponden a las interacciones de mayor potencial de severidad. Sin embargo, en esta propuesta, estos se han reducido a un mínimo de 6, para el diseño se debe tener en cuenta que el control semafórico debe anular el riesgo de colisión ortogonal garantizando que cuando un flujo atraviesa el punto de cruce, el flujo transversal se encuentre restringido.
- 6 puntos de Divergencia: Se ubican en los accesos y en la zona central de la intersección, correspondiendo a las maniobras de giro a la izquierda y derecha. Para evitar que los vehículos que esperan para girar bloqueen los carriles, es necesario realizar un análisis de aceptación de brechas. Esto permitirá comprobar si existen los espacios suficientes en el flujo opuesto, garantizando que la divergencia se realice de manera fluida, segura y sin afectar la capacidad de la vía.

- 4 puntos de Convergencia: Puntos de incorporación a la vía de destino. Se gestionan mediante la prioridad de paso y la baja velocidad de giro.

Se concluye de este primer análisis que bajo la propuesta de mejora se logra una reducción del 50% de conflictos pasando de 34 puntos de interacciones a solo solo 16 puntos de interacción. Sin embargo, la seguridad del nodo no depende únicamente de la disposición espacial, sino de cómo se gestionan estas interacciones en el tiempo. Por lo tanto, para garantizar la viabilidad operativa de la propuesta, es indispensable evaluar el comportamiento de estos puntos bajo el nuevo esquema de control de derecho de paso.

4.2.4.4.2 Análisis de interacción y compatibilidad por fase

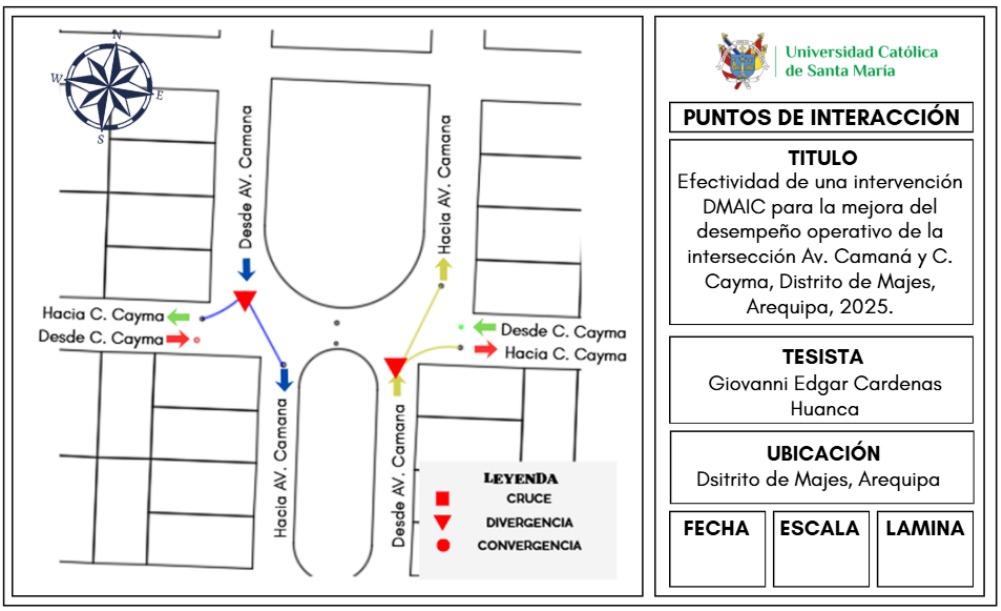
Con el fin optimizar la capacidad de descarga de la intersección se plantea la implementación de un esquema de control semafórico eficiente de 2 Fases. Esta propuesta estratégica consiste en agrupar los flujos vehiculares del eje troncal (Norte-Sur) en una primera fase, y los flujos del eje transversal (Este-Oeste) en una segunda. El objetivo del presente análisis es evaluar la viabilidad operativa y la seguridad del planteamiento, demostrando que las trayectorias asignadas a la misma luz verde son compatibles en el espacio y no generan bloqueos internos.

✓ **Evaluación de Viabilidad de la Fase 1 (Eje Colector Norte-Sur)**

Bajo la propuesta de habilitar el derecho de paso simultáneo para los flujos directos de la avenida principal el análisis de las trayectorias revela una configuración altamente eficiente, sustentada en las siguientes características operativas:

Figura 195

Puntos de interacción para fase semafórica Sur y Norte



Nota. Se muestra los puntos de interacción vehicular para la fase semafórica Sur y Norte, Fuente: Elaboración propia.

- Ausencia de Puntos de Cruce: La viabilidad de esta fase se fundamenta principalmente en la eliminación total de los conflictos ortogonales y frontales. Dado que las maniobras que tradicionalmente cortan el flujo giros a la izquierda conflictivos y retornos en U han sido restringidas en este nodo y externalizadas hacia las vías adyacentes, los flujos vehiculares Norte y Sur se desplazan en trayectorias estrictamente paralelas. Esto garantiza una fase limpia y sobre todo libre de riesgo de colisión.
- Puntos de Divergencia Aislados: Las únicas interacciones presentes en este eje ocurren en las zonas de acceso, correspondiendo a las divergencias naturales de los vehículos que abandonan el flujo directo principal para realizar los giros a la derecha permitidos. Al no existir bloqueos generados por vehículos detenidos en el centro de la intersección esperando girar, estas separaciones de trayectoria se ejecutan de manera fluida y sin generar colas por alcance.

- Ausencia de Puntos de Convergencia: No se registran conflictos por incorporación en las ramas de salida. Todos los flujos vehiculares habilitados en esta fase se dirigen hacia un único frente de avance con carriles receptores exclusivos. Al no existir trayectorias que deban disputar un mismo carril de destino simultáneamente, se anula por completo la fricción en la evacuación de la intersección.

Conclusión de Viabilidad Fase Norte-Sur

El análisis de conflictos para el Eje principal demuestra que la propuesta de agrupar los sentidos Norte y Sur es operativamente viable y altamente segura. Al reducir las interacciones internas únicamente a maniobras de divergencia fluidas en los extremos, se maximiza la capacidad de la avenida principal, asegurando un flujo continuo y exento de demoras inducidas.

✓ **Evaluación de Viabilidad de la Fase 2 (Eje Transversal Este-Oeste)**

Durante la segunda fase del ciclo semafórico, el derecho de paso se asigna de manera exclusiva a los flujos vehiculares de la vía transversal Calle Cayma, habilitando los movimientos directos y de giro en los sentidos Este y Oeste, mientras la avenida Camaná permanece detenida.

Figura 196

Puntos de interacción para fase semafórica Este y Oeste



Nota. Se muestra los puntos de interacción vehicular para la fase semafórica Este y Oeste, Fuente: Elaboración propia.

A diferencia del eje principal, el análisis espacial de esta fase sí presenta interacciones internas, las cuales están condicionadas por la geometría de la vía un solo carril operativo por sentido. El comportamiento de estos conflictos se detalla a continuación:

- Puntos de Cruce: Se identifican 2 puntos para esta fase, los cuales, se generan en el centro de la intersección cuando los vehículos que desean girar a la izquierda cortan la trayectoria del flujo directo opuesto. Al no contar con una luz verde exclusiva para este giro, la ejecución de la maniobra depende estrictamente de la disponibilidad y aprovechamiento de brechas en la corriente vehicular contraria. Sin embargo, la amplitud geométrica del nodo suaviza estos cruces, haciendo que no sean estrictamente ortogonales, sino de trayectoria curva y progresiva. Además, al tratarse de una mediana central tipo alameda, el conductor goza de una línea de visibilidad despejada superior a los 40 metros, permitiéndole identificar y evaluar las brechas del flujo opuesto con gran anticipación. Sumado a que solo

existe un carril por cruzar, esta combinación de excelente visibilidad, identificación temprana de brechas, trayectoria curva y corta distancia minimiza drásticamente el tiempo de exposición al riesgo.

- Puntos de Divergencia: Las divergencias tienen lugar cuando los vehículos dejan el carril recto para doblar hacia el Norte o hacia el Sur. Al actuar en un solo carril mixto estos movimientos regulan el tráfico. Cuando un vehículo disminuye su velocidad para trazar la curva y salir de la intersección, provoca una deceleración en los vehículos que lo siguen, fragmentando el pelotón. Esta interrupción de la continuidad del flujo es el fenómeno físico que genera automáticamente las brechas o ventanas de tiempo libres en la corriente vehicular. Considerando que estas brechas permiten a los vehículos del sentido opuesto realizar sus cruces resulta imperativo analizar si los intervalos generados son suficientes para satisfacer la demanda de los cruces en la intersección.
- Ausencia de Puntos de Convergencia: No se registran conflictos por incorporación en las ramas de salida. Todos los flujos vehiculares habilitados en esta fase se dirigen hacia un único frente de avance con carriles receptores exclusivos. Al no existir trayectorias que deban disputar un mismo carril de destino simultáneamente, se anula por completo la fricción en la evacuación de la intersección.
- Análisis de Aceptación de Brechas:

La dinámica de los giros a la izquierda en la Calle Cayma operará bajo la modalidad de giro permitido. Al carecer de una fase semafórica exclusiva, los vehículos comparten la luz verde simultánea con el flujo opuesto, teniendo la obligación reglamentaria de ceder el paso. Según los lineamientos del HCM 6ta Edición, un giro permitido dentro de un ciclo semafórico se evalúa operativamente bajo los mismos principios que una intersección controlada por una señal de Ceda el Paso. Por consiguiente, se emplea el modelo matemático de distribución exponencial de brechas desarrollado por Harders (1968) y Siegloch (1973), el cual constituye

el estándar internacional para determinar la capacidad de una corriente vehicular subordinada que debe atravesar un flujo principal.

El modelo asume que las llegadas de los vehículos en el flujo opositor siguen una distribución probabilística de Poisson, donde la capacidad de cruce está gobernada por la ecuación de capacidad potencial.

$$C_p = V_c * \frac{e^{\frac{-vc*Tc}{3600}}}{1 - e^{\frac{-vc*Tf}{3600}}}$$

Donde:

C_p= Capacidad potencial del movimiento de giro (vehículos por hora).

V_C= Volumen de flujo en conflicto (vehículos por hora).

T_c= Brecha crítica - Intervalo temporal mínimo aceptable para iniciar el cruce.

T_f= Tiempo de seguimiento - Intervalo necesario para que un segundo vehículo cruce aprovechando la misma brecha.

De las cuales se asume de brecha critica el valor de 4.1 segundos establecido por el HCM para vías urbanas de un carril. Este valor es altamente confiable debido a que la mediana tipo alameda de la Avenida Camaná proporciona una visibilidad de aproximación superior a los 40 metros, permitiendo decisiones seguras. Y para el tiempo de seguimiento Se asume el estándar de 2.2 segundos, justificado por la amplitud de la intersección que permite trayectorias de giro fluidas.

- Evaluación del Giro Izquierdo Oeste – Norte: Para esta maniobra, la demanda aforada es de $\mathrm{V} = 73\mathrm{UCP/h}$. El flujo opositor V_C proveniente del Este asciende a 111 UCP/h, compuesto por 59 UCP/h en trayectoria directa y 52 UCP/h en giro a la derecha. Sustituyendo estos valores:

$$C_{p1} = 111 * \frac{e^{\frac{-111*4.1}{3600}}}{1 - e^{\frac{-111*2.2}{3600}}} = 1490.73\ UCP/h$$

La infraestructura ofrece una capacidad potencial para este giro de 1355 UCP/h, el cual para ver el grado de saturación se contrasta la demanda real de los aforos frente a la oferta calculada para hallar la relación Volumen/Capacidad.

$$\frac{v}{c} = \frac{73\ UCP/h}{1490.73\ \ UCP/h} = 0.05$$

- Evaluación del Giro Izquierdo Este – Sur: Para esta maniobra, la demanda aforada es de $\mathrm{V} = 52$ UCP/h. El flujo opositor V_C proveniente del Oeste asciende a 135 UCP/h, compuesto por 62 UCP/h en trayectoria directa y 73 UCP/h en giro a la derecha. Sustituyendo estos valores:

$$C_{p1} = 135 * \frac{e^{\frac{-135*4.1}{3600}}}{1 - e^{\frac{-135*2.2}{3600}}} = 1462.05\ UCP/h$$

La infraestructura ofrece una capacidad potencial para este giro de 1332 UCP/h, el cual para ver el grado de saturación se contrasta la demanda real de los aforos frente a la oferta calculada para hallar la relación Volumen/Capacidad.

$$\frac{v}{c} = \frac{52\ UCP/h}{1462.05\ UCP/h} = 0.04$$

El de las brechas revela que ambas maniobras de giro permitido operan con una relación de saturación abrumadoramente inferior a 0.10, esto indica un Nivel de Servicio excelente. La demanda vehicular actual consume únicamente entre el 5% y el 4% de las brechas físicas

disponibles en el flujo opuesto. En consecuencia, se concluye del análisis que el sistema transversal operará con una holgura o margen de reserva superior al 90%, descartando por completo la formación de colas, mitigando el riesgo de colisión ortogonal, y validando la viabilidad absoluta de la propuesta semafórica de Dos Fases en la intersección en estudio.

Conclusión de Viabilidad Fase Este-Oeste

El análisis de conflictos para el eje secundario demuestra y además concluye que la agrupación de los flujos del eje transversal Este-Oeste en una sola fase semafórica es una solución operativamente viable y segura. Por un lado, se demuestra que los puntos de cruce internos constituyen maniobras de bajo riesgo, sustentadas en la óptima visibilidad geométrica del nodo y en la comprobada disponibilidad de brechas en el flujo opuesto. Se demuestra, al mismo tiempo, que las maniobras de divergencia se efectúan sin bloquear el tráfico que se dirige al mismo destino, lo cual permite una evacuación fluida del carril mixto, evita la propagación de colas y garantiza la eficiencia global de la intersección.

4.2.4.4.3 Diseño del plan semafórico

Después de comprobar que la intersección funciona con el esquema de dos fases, se calcularon los tiempos del ciclo semafórico. Para este propósito, se utiliza el modelo analítico desarrollado por F.V. Webster, el cual tiene como función objetivo minimizar las demoras totales del sistema mediante el cálculo del ciclo óptimo, ajustándolo posteriormente a las restricciones físicas y de seguridad de la vía.

- ✓ **Determinación de la Relación de Flujo por Fase**

El primer parámetro requiere calcular la relación entre el volumen crítico aforado y el flujo de saturación base para cada fase. Para este análisis, se asume un flujo de saturación de 1750 vehículos por hora por carril, un valor conservador que refleja adecuadamente las condiciones de operación urbana, la fricción lateral y la composición del tráfico en la intersección.

Se procedió a realizar el cálculo del grado de saturación de la intersección

Tabla 30

Cálculo de ratio volumen/saturación propuesto

Fase Semafórica	Acceso Crítico (Grupo de Carril)	Flujo Real (v) [vph]	Saturación (s) [vph]	Ratio (y=v/s)
Fase A (E-O)	Calle Cayma Este - Oeste	266	1750	0.15
Fase B (N-S)	Av. Camaná Norte - Sur	351	1750	0.20
Sumatoria (Y)				0.35

Nota. Se muestra el cálculo de ratio volumen/saturación propuesto, Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Análisis de Intervalos de Despeje y Tiempo Perdido (L)**

El tiempo perdido total equivale a la sumatoria de los tiempos de ámbar todo rojo durante los cuales no existe flujo vehicular efectivo. El cálculo se ajusta a la topología específica de cada cruce:

Fase 1 (Cruce estándar): Los vehículos de la Av. Camaná atraviesan la sección transversal de la Calle Cayma. Al ser una distancia de cruce corta, se aplican los valores normativos mínimos el tiempo ámbar se asume igual a 3 segundos y todo rojo 1 segundo. Teniendo un tiempo de despeje total de 4 segundos.

Fase 2 (Cruce extendido): Los vehículos de la Calle Cayma deben atravesar la Av. Camaná, incluyendo una mediana central tipo alameda superior a los 40 metros de longitud.

Para asegurar que los vehículos evacuen completamente la zona de conflicto antes de liberar el flujo transversal, se requiere un tiempo de despeje mayor. Se establece un ámbar de 3 segundos y se amplía el tiempo de todo rojo a 3 segundos. Determinando un tiempo de despeje asignado de 6 segundos.

En consecuencia, el Tiempo Perdido Total por ciclo es de 10 segundos.

- ✓ **Cálculo del Ciclo Óptimo Teórico (Co)**

Aplicando la ecuación fundamental de Webster:

$$C_{optimo} = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

Sustituyendo los valores operativos diagnosticados:

$$C_{optimo} = \frac{1.5(10) + 5}{1 - (0.35)} = \frac{15 + 5}{0.65} = \frac{20}{0.65} = 30.7\ seg$$

El ciclo óptimo matemático calculado de 30.7 segundos evidencia la eficiencia lograda con el rediseño espacial, ya que la demanda actual no exige ciclos extensos. Sin embargo, un ciclo de esta magnitud no satisface los requerimientos de seguridad vial integral. En el diseño semafórico, es imperativo garantizar un Tiempo Verde Efectivo Mínimo de 22 segundos por fase. Esta restricción se fundamenta en la seguridad peatonal ya que se requiere proveer el tiempo necesario para que los peatones crucen las amplias secciones viales de la intersección y también la Dinámica vehicular que debe permitir la disipación fluida de colas y evitar la inducción de frenadas bruscas asociadas a fases de verde excesivamente breves.

Para cumplir con la restricción operativa tiempo de verde efectivo mayor a 22 segundos, el ciclo requeriría un mínimo de 54 segundos, 2 ciclos de al menos 22 segundos y 10 segundos

de tiempo perdido. Por motivos de estandarización en la programación de controladores semafóricos y para dotar al sistema de una ligera capacidad de amortiguamiento, se adopta un Ciclo Práctico de Diseño Cp de 60 segundos.

- ✓ **Distribución de los Tiempos de Verde Efectivo (gi)**

El tiempo de verde total disponible G_{tot} se obtiene restando el tiempo perdido al ciclo práctico adoptado:

$$G_{tot} = Cp - L = 60 - 10 = 50\ seg$$

Este tiempo efectivo se distribuye de manera estrictamente proporcional a la relación de flujo (Yi) de cada fase crítica:

Para la Fase 1 (N Y S)

$$g_1 = G_{tot} * \left(\frac{y_1}{Y}\right) = 50 * \left(\frac{0.20}{0.35}\right) = 28.44\ seg = 28\ segundos$$

Para la Fase 2 (E Y O)

$$g_2 = G_{tot} * \left(\frac{y_2}{Y}\right) = 50 * \left(\frac{0.15}{0.35}\right) = 21.55\ seg = 22\ segundos$$

✓ **Cuadro Resumen del Plan Semafórico Operativo (Ciclo = 60 s)**

Tabla 31

Tiempo de fases y ciclo semafórico propuesto

Calle	FASE	TODO ROJO	AMBAR	VERDE EFECTIVO	TIEMPO TOTAL
Av. Camaná (sur y norte)	1	1s	3s	27s	31s
Calle Cayma (este y oeste)	2	3s	3s	23s	29s

Nota. Se muestra los tiempos de fases y ciclo semafórico propuesto para la intersección principal, Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.4.4 Conclusión del diseño del Sistema de Control Semafórico principal

La calibración de la metodología de Webster con un flujo de saturación ajustado de 1750, sumada a las restricciones geométricas del nodo, concluye en un ciclo semafórico operativo eficiente de 60 segundos. La inclusión de un intervalo de todo rojo de 3 segundos en la Fase 2 asegura el despeje total de los vehículos al atravesar la alameda central. Asimismo, la asignación de tiempos de verde proporcionales que superan holgadamente la restricción de los 22 segundos asegura la protección del usuario vulnerable y la correcta evacuación de la demanda, consolidando un nivel de servicio óptimo para la intersección.

4.2.4.5 Diseño del Sistema de Control Semafórico Vehicular en la C/S nombre

La propuesta establece un sistema de dos fases vehiculares

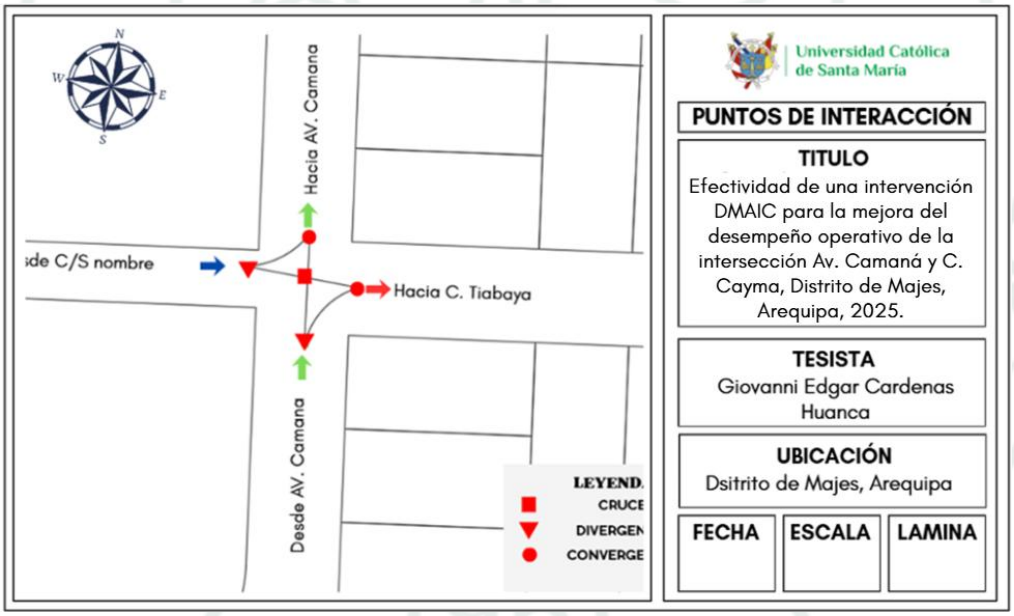
4.2.4.5.1 Identificación y Cuantificación de Puntos de conflicto Activos en la intersección

Previo al diseño de fases semafóricas, resulta indispensable identificar las zonas de vulnerabilidad física. El análisis de puntos de conflicto permite cuantificar y clasificar las interacciones vehiculares según su nivel de severidad.

De acuerdo con el modelado de trayectorias, la configuración de la intersección conformada por la Av. Camaná y el eje transversal Desde C/S nombre hacia C. Tiabaya presenta una matriz sumamente simplificada que consta de solo 5 puntos de conflicto activos. El desglose topológico es el siguiente:

Figura 197

Puntos de interacción de C/S nombre y Av. Camaná



Nota. Se muestra los puntos de interacción vehicular de C/S nombre y Av. Camaná, Fuente: Elaboración propia.

- Puntos de Divergencia: Por la Av. Camaná se genera un punto cuando el flujo se divide entre los vehículos que continúan directo hacia el Norte y aquellos que giran a la derecha hacia la C. Tiabaya. Además, Se genera un segundo punto cuando el flujo transversal se separa entre los que continúan de frente hacia C. Tiabaya y los que giran a la izquierda para incorporarse a la Av. Camaná hacia el Norte.
- Puntos de Cruce: Se produce un único punto de cruce donde la trayectoria del flujo que ingresa desde el Oeste C/S nombre corta perpendicularmente a la trayectoria del flujo directo que asciende de Sur a Norte por la Av. Camaná. La existencia de este punto es la justificación principal que hace ineludible la separación temporal de ambos flujos mediante un sistema semafórico.
- Puntos de Convergencia: Se identifican 2 puntos, el primero donde converge el flujo directo proveniente del Sur con el flujo que giró a la izquierda desde el Oeste. Y un segundo donde se une el flujo directo proveniente del Oeste con el giro a la derecha proveniente del Sur.

4.2.4.5.2 Análisis de interacción y compatibilidad por fase

Se plantea una separación temporal de 2 fases, para poder así mitigar el riesgo a colisionar debido al cruce identificado, para ello se realizará el análisis de puntos de conflicto para cada una de las fases propuestas

- ✓ Fase 1: Acceso Sur

Figura 198

Puntos de interacción del acceso sur



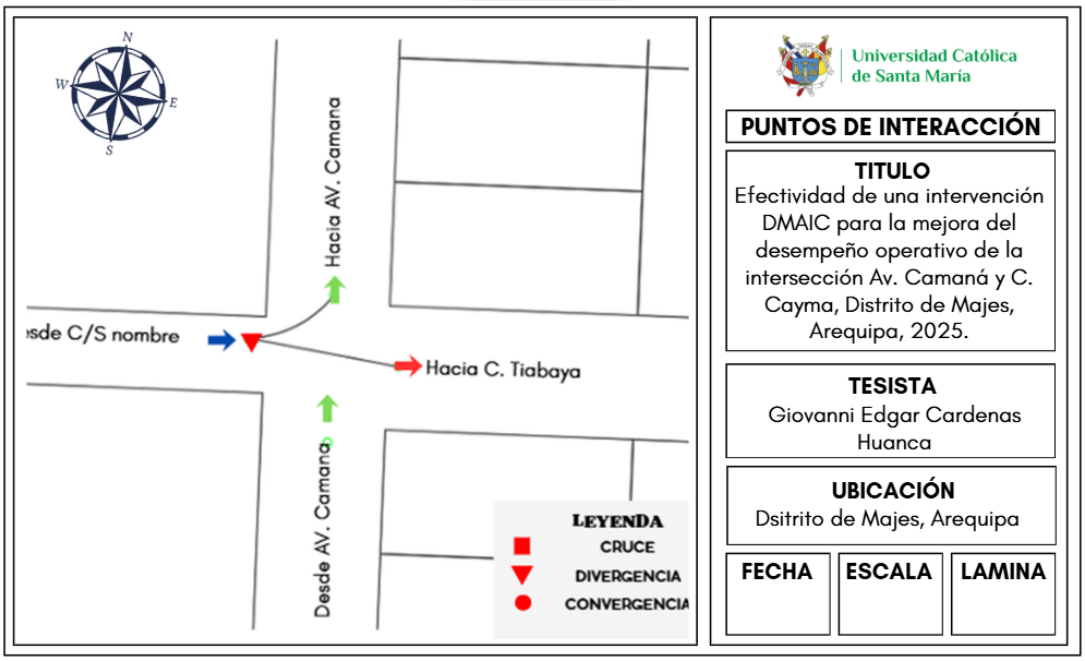
Nota. Se muestra los puntos de interacción vehicular de C/S nombre y Av. Camaná acceso sur, Fuente: Elaboración propia.

Durante la primera fase del ciclo semafórico, el derecho de paso se asigna exclusivamente al flujo vehicular que asciende de Sur a Norte por la Av. Camaná. Esta separación temporal logra una limpieza absoluta del nodo central. Además, se anula cualquier posibilidad de cruce ortogonal o trenzado, reduciendo la interacción a un único punto de divergencia. Este punto aislado ocurre cuando el flujo se bifurca: una fracción continúa su trayectoria directa hacia el Norte, mientras que otra diverge para girar a la derecha hacia la C. Tiabaya. Al ser estrictamente una maniobra de separación direccional, la fricción es mínima y no representa un riesgo de colisión severa ni genera detenciones en el carril.

- ✓ Fase 2: Acceso Oeste

Figura 199

Puntos de interacción del acceso Oeste



Nota. Se muestra los puntos de interacción vehicular de C/S nombre y Av. Camaná acceso oeste, Fuente: Elaboración propia.

En la segunda fase, el derecho de paso recae sobre el flujo proveniente de la vía Oeste Desde C/S nombre. Nuevamente, al mantener la Av. Camaná con luz roja, se bloquea el flujo principal y se previene el punto de cruce ortogonal. Se identifica un solo punto de divergencia. Esta interacción leve se genera en el momento en que los vehículos deciden su trayectoria final, ya sea girando a la izquierda para incorporarse a la Av. Camaná o continuando su trayecto hacia la C. Tiabaya.

4.2.4.5.3 Diseño del plan semafórico

Para garantizar la integridad de los usuarios en la nueva vía peatonalizada y regular las interacciones vehiculares, se implementará un sistema semafórico de Dos Fases. Para determinar el plan de señales, se aplica nuevamente la fórmula de F.V. Webster, asegurando la sincronización de la red y subordinando el resultado matemático a las restricciones de seguridad peatonal.

- ✓ **Determinación de la Relación de Flujo por Fase**

El primer parámetro requiere calcular la relación entre el volumen crítico aforado y el flujo de saturación base para cada fase. Para este análisis, se asume un flujo de saturación de 1750 vehículos por hora por carril, un valor conservador que refleja adecuadamente las condiciones de operación urbana, la fricción lateral y la composición del tráfico en la intersección.

Se procedió a realizar el cálculo del grado de saturación de la intersección

Tabla 32

Relación volumen/saturación

Fase Semafórica	Acceso Crítico (Grupo de Carril)	Flujo Real (v) [vph]	Saturación (s) [vph]	Ratio (y=v/s)
Fase A (O)	Calle S/N	168	1750	0.096
Fase B (S)	Av. Camaná	360	1750	0.206
Sumatoria (Y)				0.302

Nota. Se muestra la relación volumen/saturación, Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Análisis de Intervalos de Despeje y Tiempo Perdido (L)**

El tiempo perdido total equivale a la sumatoria de los tiempos de ámbar todo rojo durante los cuales no existe flujo vehicular efectivo. El cálculo se ajusta a la topología específica de cada cruce:

Fase 1: Los vehículos de la Av. Camaná atraviesan la sección transversal de la Calle S/N. Al ser una distancia de cruce corta, se aplican los valores normativos mínimos el tiempo ámbar se asume igual a 3 segundos y todo rojo 1 segundo. Teniendo un tiempo de despeje total de 4 segundos.

Fase 2: Los vehículos de la Calle S/N deben atravesar la Av. Camaná, al ser una vía de al menos 7 metros de largo se establece un ámbar de 3 segundos y se amplía el tiempo de todo rojo a 2 segundos. Determinando un tiempo de despeje asignado de 5 segundos.

En consecuencia, el Tiempo Perdido Total por ciclo es de 9 segundos.

- ✓ **Cálculo del Ciclo Óptimo Teórico (Co)**

Aplicando la ecuación fundamental de Webster:

$$C_{optimo} = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

Sustituyendo los valores operativos diagnosticados:

$$C_{optimo} = \frac{1.5(9) + 5}{1 - (0.302)} = \frac{13.5 + 5}{0.698} = \frac{18.5}{0.698} = 26.50\ seg$$

El ciclo óptimo matemático calculado es de 26.5 segundos consecuencia directa de los bajos niveles de saturación vehicular. Sin embargo, la implementación de ciclos extremadamente cortos contraviene los principios de seguridad en zonas de alta interacción humana.

Al tratarse de un nodo adyacente a una vía peatonalizada, el diseño debe garantizar un Tiempo Verde Efectivo Mínimo de 22 segundos por fase. Este tiempo es innegociable, ya que asegura la evacuación segura de peatones (niños, adultos mayores y personas con movilidad reducida) que cruzan la Avenida Camaná.

Para cumplir con la restricción operativa tiempo de verde efectivo mayor a 22 segundos, el ciclo requeriría un mínimo de 53 segundos, 2 ciclos de al menos 22 segundos y 9 segundos de tiempo perdido. Con el objetivo de sincronizar este semáforo con la intersección principal ubicada aguas abajo, se adopta un Ciclo Práctico de Diseño Cp de 60 segundos. Esto creará una ola verde que consolida los pelotones vehiculares mencionados en los análisis anteriores.

- ✓ **Distribución de los Tiempos de Verde Efectivo (gi)**

El tiempo de verde total disponible G_{tot} se obtiene restando el tiempo perdido al ciclo práctico adoptado:

$$G_{tot} = Cp - L = 60 - 9 = 51\ seg$$

Este tiempo efectivo se distribuye de manera estrictamente proporcional a la relación de flujo (Yi) de cada fase crítica:

Para la Fase 1 (SUR)

$$g_2 = G_{tot} * \left(\frac{y_2}{Y}\right) = 51 * \left(\frac{0.206}{0.302}\right) = 34.7\ segundos$$

Para la Fase 2 (OESTE)

$$g_1 = G_{tot} * \left(\frac{y_1}{Y}\right) = 51 * \left(\frac{0.096}{0.302}\right) = 16.23\ segundos$$

✓ **Cuadro Resumen del Plan Semafórico Operativo (Ciclo = 60 s)**

Tabla 33

Tiempos de fases y duración del ciclo semafórico propuesto

VIA	FASE	TODO ROJO	AMBAR	VERDE EFECTIVO	TIEMPO TOTAL
Av. Camaná	1	1s	3s	28s	32s
C/S nombre	2	2s	3s	23s	28s

Nota. Se muestra los tiempos de fases y duración del ciclo semafórico propuesto en la intersección formado por C/S nombre y Av. Camaná, Fuente: Elaboración propia.

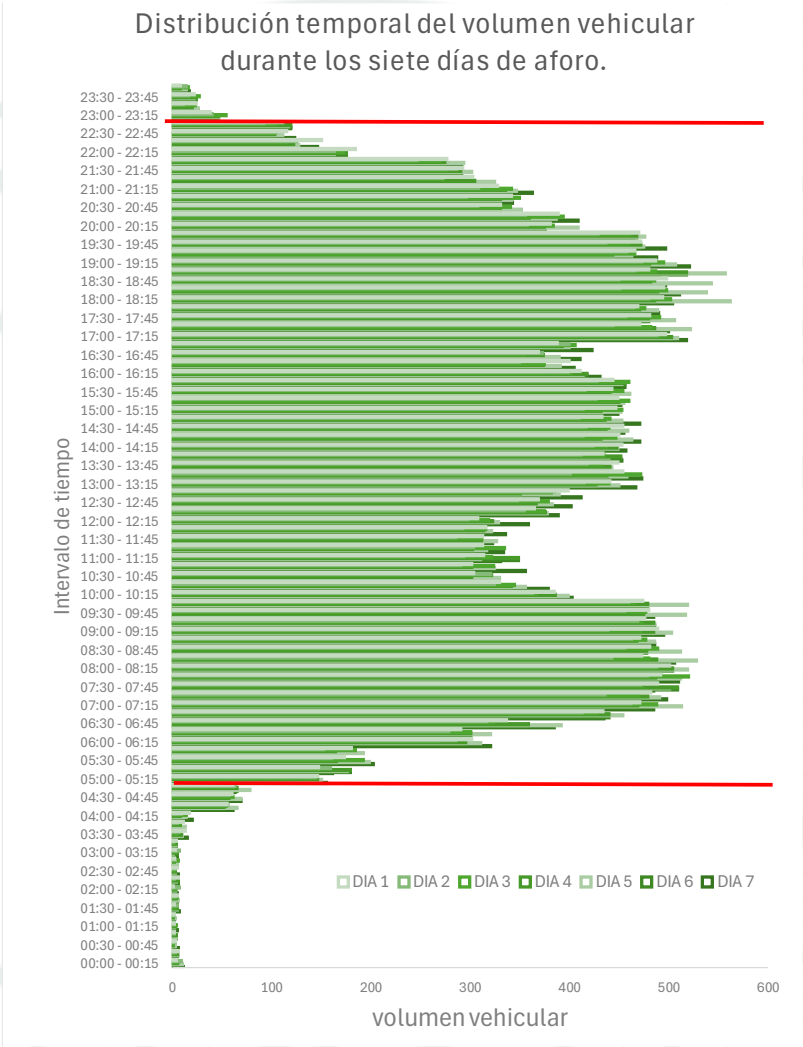
4.2.4.5.4 Conclusión del diseño del Sistema de Control Semafórico C/S nombre

El análisis demuestra que, si bien la demanda vehicular requeriría teóricamente un ciclo de 26.5 segundos, el diseño final se subordina acertadamente a la seguridad del usuario vulnerable. La adopción de un ciclo de 60 segundos permite asignar verdes holgados de 28 y 23 segundos, cumpliendo con el mínimo de 22 segundos exigido para el cruce peatonal. Adicionalmente, este ciclo de 60 segundos permite una sincronización perfecta con la intersección principal de la Avenida Camaná, consolidando un corredor fluido.

4.2.4.6 Diseño Semafórico: Optimización para Horas Valle y "Ola Verde"

Figura 200

Distribución temporal del volumen vehicular semanal



Nota. Se muestra la Distribución temporal del volumen vehicular semanal, Elaboración propia.

4.2.4.6.1 Estrategia de Operación en Periodos de Baja Demanda (Hora Valle Diurna)

El análisis del aforo vehicular semanal mediante el gráfico de barras evidencia que la intersección mantiene un flujo de tránsito prácticamente continuo durante la mayor parte del día, presentando valles intermedios donde la demanda desciende, pero no se anula. Para estos periodos diurnos, la propuesta debe garantizar que no se genere una espera innecesaria para el usuario.

- ✓ **Cálculo del Ciclo Óptimo Teórico (Co)**

Donde:

- L (Tiempo Perdido): 8seg considerando 2 fases y transiciones de 4s cada una (amarillo + todo rojo)
- Y (Ratio de flujo): En hora valle, el ratio crítico acumulado en cada nodo se estima en 0.25 (flujo fluido).

Aplicando la ecuación fundamental de Webster:

$$C_{optimo} = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

Sustituyendo los valores operativos diagnosticados:

$$C_{optimo} = \frac{1.5(9) + 5}{1 - (0.25)} = \frac{17}{0.75} = 22.6\ seg$$

El cálculo mediante el Método de Webster arroja un ciclo óptimo estrictamente vehicular de 22.67 segundos. Sin embargo, la implementación de ciclos extremadamente cortos contraviene los principios de seguridad vial en una zona de alta interacción comercial e institucional como el distrito de Majes.

Al ser un nodo adyacente a zonas peatonales y comerciales, el diseño debe subordinarse a la Sección 2.5.2 del Manual de Seguridad Vial del MTC, la cual exige priorizar a los Usuarios Vulnerables de la Vía (UVV). Por ello, se establece un Tiempo Verde Efectivo Mínimo de 22 segundos por fase, calculado en función a una velocidad de marcha segura (1.2 m/s), asegurando la evacuación integral de peatones, niños, adultos mayores y personas con movilidad reducida.

Dentro de esta restricción normativa ineludible, el ciclo mínimo resultante que garantiza este tiempo seguro de despeje peatonal es de 53 segundos (44 segundos de verde efectivo total

+ 9 segundos de tiempo perdido real ajustado). Con el objetivo de estandarizar la operación y facilitar la sincronización de la red, se adoptó el ciclo paramétrico de 60 segundos calculado previamente para todo el periodo diurno.

4.2.4.6.2 Estrategia de Operación en Periodos de Baja Demanda (Hora Valle Nocturna)

El diagnóstico volumétrico de barras muestra que entre las 23:00 y las 05:00 horas, el flujo vehicular cae drásticamente y tiende a cero. En esta situación de tráfico escaso, mantener el ciclo de 60 segundos se torna ineficiente y contraproducente, pues obligaría a los pocos usuarios a detenerse ante un semáforo en rojo cuando la calle transversal se encuentra totalmente vacía.

Para atender esta condición, la estrategia operativa considera la programación de "Planes de Horario" (Time-of-Day) en el controlador semafórico, sustentada en el Capítulo IV del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC. La ley dice que cuando haya volúmenes mínimos el sistema debe pasar a un régimen de Operación en Destello:

- **Luz Ámbar Intermitente:** Para la vía principal (Av. Camaná), indicando precaución y reducción de velocidad.
- **Luz Roja Intermitente:** Para los accesos secundarios (Calle Cayma y nueva salida de la isla), funcionando con el mismo valor legal que una señal de PARE.

Esta medida erradica las demoras injustificadas nocturnas y suprime el incentivo de cruzar el semáforo en rojo por frustración, consolidando un entorno predecible y seguro las 24 horas.

4.2.4.6.3 Conclusión de estrategia de Operación en Periodos de Baja Demanda (Hora Valle)

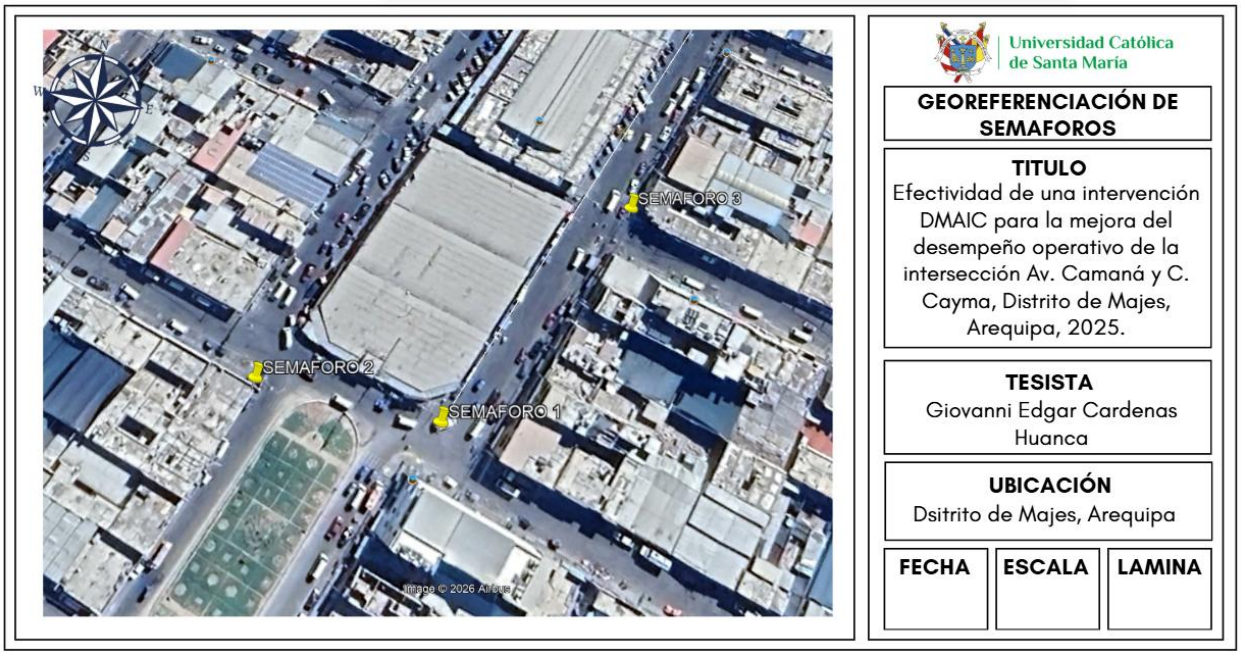
Dado que los diseños de planes semafóricos anteriores garantizan un ciclo diurno ágil, se determina que no es necesario implementar planes de alternancia diferenciados (múltiples ciclos) para las horas valle del día. El ciclo bifásico de 60 segundos cumple simultáneamente con la eficiencia vehicular requerida por el HCM y la seguridad peatonal exigida por el MTC. Por su parte, la transición automatizada al Modo Destello absorbe de manera óptima el vacío operativo de la madrugada.

4.2.4.6.4 Estrategia de Coordinación (ola verde)

La intervención establece un sistema de progresión continua entre los dos semáforos del corredor (semáforo 1 y 3), optimizando el despacho del flujo vehicular que ingresa desde el sector Sur. Dado que el tramo es de solo 82.74 metros, el diseño se orienta a la creación de una "ventana verde" que desplace el pelotón de manera compacta hacia el Norte, hacia el sur no se planteara ningún caso de ola verde dada la ausencia de semáforos en el corredor.

Figura 201

Georreferenciación de semáforos



Nota. Se muestra la Georreferenciación de semáforos, Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Coordenadas de puntos de paraderos identificados

CORDENADAS PUNTOS DE CONTROL		
zona 18	ESTE	SUR
1	799984.00 m E	8188689.00 m S
2	799940.00 m E	8188717.00 m S
3	800033.00 m E	8188745.00 m S

Nota. Se muestra Coordenadas de puntos de paraderos identificados, Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del desfase se fundamenta en la relación cinemática entre la separación espacial de las líneas de parada y la velocidad directriz del pelotón. Para el tramo evaluado, el levantamiento de campo determinó una distancia exacta de 82.74 metros entre las intersecciones. Asimismo, considerando las características urbanas de la vía y priorizando la

seguridad vial en un entorno con alta demanda peatonal, se adoptó una velocidad de progresión de diseño de 30 km/h, se utilizo la fórmula de desfase ideal.

$$t_{off} = \frac{D}{\left(\frac{V}{3.6}\right)}$$

Donde:

- t_{off}: Desfase ideal de coordinación (seg)
- D: Distancia entre intersecciones (m)
- V: Velocidad de progresión (km/h)
- 3.6: Factor constante para la conversión a metros por segundo (m/s).

Sustituyendo los parámetros en la ecuación:

$$t_{off} = \frac{82.74}{\left(\frac{30}{3.6}\right)} = 9.93\ seg$$

El resultado determina un desfase ideal de 9.93 segundos. Para fines prácticos de programación en el controlador semafórico y la posterior simulación en el software, se adoptará un valor redondeado de 10 segundos.

Esto significa que el controlador semafórico de la intersección consecutiva deberá iniciar su fase verde exactamente 10 segundos después de que se inicie la luz verde en el nodo principal. Al configurar la red bajo este esquema de desfase, se garantiza que el flujo vehicular transite a 30 km/h sin experimentar detenciones intermedías, configurando un Tipo de Llegada altamente favorable según los criterios del HCM 2022.

4.2.4.6.5 Conclusión de estrategia optimización (ola verde)

Se debe considerar un desfase de 10 segundos para garantizar una progresión vehicular ininterrumpida entre ambos nodos, para poder lograr reducción en la demora media por vehículo y en el índice de paradas.

4.2.4.7 Diseño del Sistema de Control Vehicular en la Calle Castilla

Dentro de la reingeniería integral del nodo principal, las maniobras conflictivas como giro a la izquierda Sur a Oeste y retorno Sur a Sur, fueron externalizadas hacia la apertura de la mediana existente en la Calle Castilla. Se descarta la introducción de semaforización adicional para el control de este nuevo punto de interacción. Con esta medida se trata de evitar el efecto cascada, de modo que la formación de colas nuevas no retroceda y bloquee la intersección principal que se acaba de optimizar. En vez de ello se plantea un régimen de prioridad a través de señalización de Ceda el Paso, además se postula la introducción de un reductor de velocidad de tipo resalto cuya viabilidad se sustentará en el análisis de condiciones del entorno, geometría del refugio y validación de aceptación de brechas.

4.2.4.7.1 Condiciones del Entorno Urbano y Geometría de Refugio

En primer lugar, la validación operativa del régimen de Ceda el Paso se basa en las inmejorables condiciones físicas e intensidad de uso de suelo del tramo Sur de la Avenida Camaná, ya que conforme el eje vial se proyecta hacia la parte Sur se observa una baja importante en la densidad comercial y recreativa. Al existir menor actividad peatonal intensiva y una reducción en las detenciones incidentales de vehículos, el flujo de la avenida se mantiene estable y predecible. Esta uniformidad asegura que los conductores en espera evalúen las brechas sin que factores externos les interrumpan.

Además, lo más importante en cuanto a factor geométrico es la existencia de una alameda o mediana central con ancho mínimo de 20 metros. Esta amplitud deja una extensa

zona de almacenamiento intra nodal. Operativamente, los vehículos no están obligados a ejecutar el cruce en un solo movimiento; la infraestructura permite un cruce en dos etapas, donde el conductor franquea los primeros carriles, se resguarda de manera segura en la mediana sin obstaculizar el tránsito directo, y aguarda una nueva brecha para completar su incorporación.

4.2.4.7.2 Análisis de la aceptación de brechas

se aplica la metodología del HCM. Dado que los vehículos en espera deben franquear dos carriles de circulación concurrente en la Av. Camaná, se aplican factores de penalización a los parámetros de comportamiento humano para reflejar el mayor tiempo de exposición al riesgo:

$$C_p = V_c * \frac{e^{\frac{-vc*Tc}{3600}}}{1 - e^{\frac{-vc*Tf}{3600}}}$$

Donde:

C_p= Capacidad potencial del movimiento de giro (vehículos por hora).

V_C= Volumen de flujo en conflicto (vehículos por hora).

T_c= Brecha crítica - Intervalo temporal mínimo aceptable para iniciar el cruce.

T_f= Tiempo de seguimiento - Intervalo necesario para que un segundo vehículo cruce aprovechando la misma brecha.

El valor de la brecha critica asumido se incrementa al valor normativo de 6.8 segundos establecido por el HCM representando el tiempo mínimo exigido para cruzar de forma segura los dos carriles. Y para el tiempo de seguimiento Se establece en 3.1 segundos, reflejando la inercia de la maniobra extendida para los vehículos que van en cola.

- Evaluación de la demanda a evacuar: la demanda aforada es de $\mathrm{V} = 132$ UCP/h.

  El flujo opositor V_C proveniente del Norte asciende a 389 UCP/h, compuesto

por 206 UCP/h proveniente del norte, 131 UCP/h proveniente del oeste y 52 UCP/h proveniente del sur. Sustituyendo estos valores:

$$C_p = 389 * \frac{e^{\frac{-389*6.8}{3600}}}{1 - e^{\frac{-389*3.1}{3600}}} = 655.45\ UCP/h$$

La infraestructura ofrece una capacidad potencial para este giro de 655 UCP/h, el cual para ver el grado de saturación se contrasta la demanda real de los aforos frente a la oferta calculada para hallar la relación Volumen/Capacidad.

$$\frac{v}{c} = \frac{132\ UCP/h}{655\ UCP/h} = 0.20$$

4.2.4.7.3 Conclusión del diseño del Sistema de Control en la Calle Castilla

El análisis demuestra que la relación Volumen/Capacidad en el nodo de externalización es de apenas 0.20. La demanda reubicada consume únicamente el 20% de las brechas disponibles, dejando un margen de reserva operativa del 80%. La sinergia entre la generación de pelotones del semáforo principal, la disminución de la fricción comercial y la existencia de una mediana de 20 metros que facilita el cruce en dos etapas, es por ello que se concluye que la implementación de un Ceda el Paso es la solución de ingeniería óptima. Se comprueba que el problema de congestión de la intersección troncal no fue simplemente trasladado, sino resuelto exitosamente sin riesgo de colapso en la red vial adyacente.

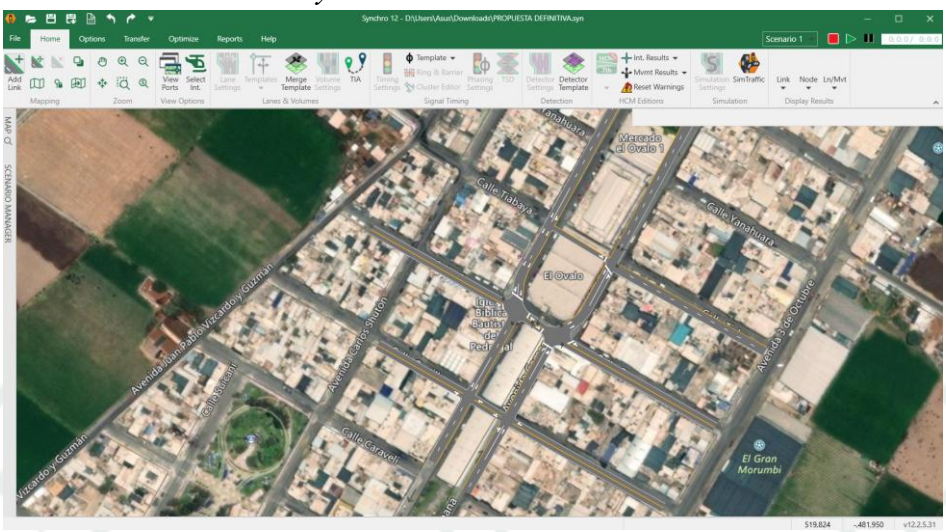
4.2.4.8 Desarrollo del modelo digital propuesta

4.2.4.8.1 Trazo geométrico de la intersección

Utilizando el comando add link se procedió a trazar las nuevas vías propuestas para desviar las maniobras.

Figura 202

Adición de carriles de estudio en Synchro V.12



Nota. Se muestra la adición de carriles C. S/nombre y C. Tiabaya en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Con el fin de poder seguir un orden lógico se procedió a codificar mediante números del 1 al 4 las diferentes intersecciones formadas para este análisis.

Figura 203

Codificación de intersecciones formadas



Nota. Se muestra la codificación de nodos en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

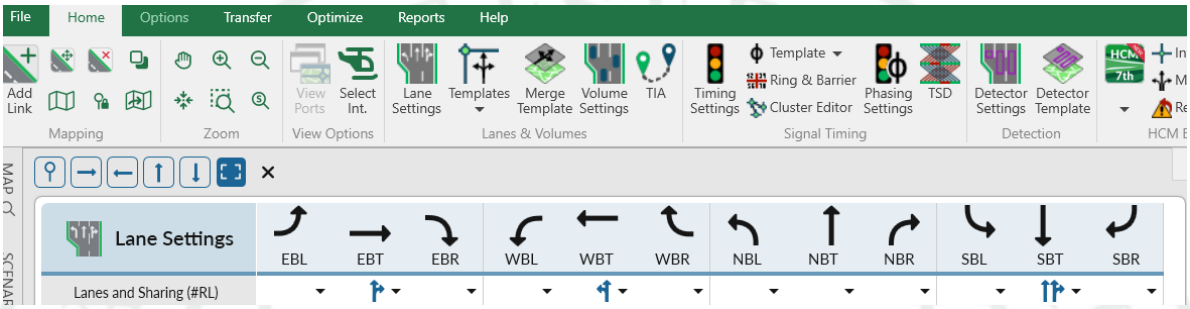
4.2.4.8.2 Planilla Lane Settings

Definición de carriles y asignación del volumen:

Para el nodo N°1:

Figura 204

Definición de carriles propuesto para Nodo 1

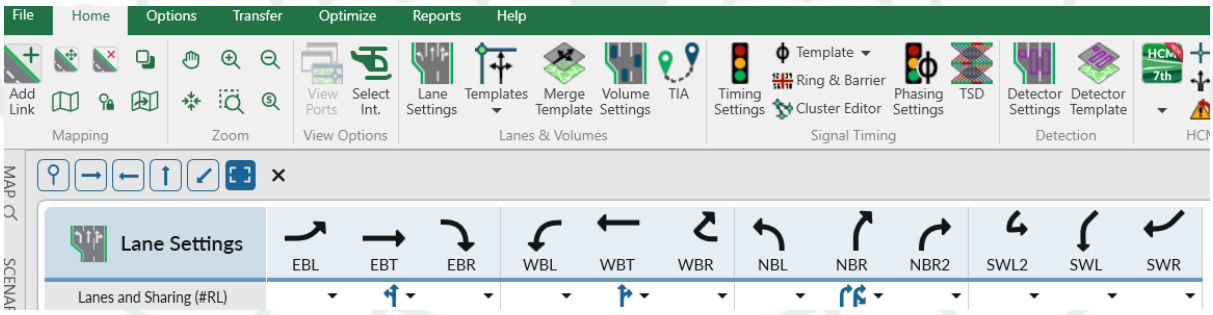


Nota. Se muestra la definición de carriles propuesto para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 205

Definición de carriles propuesto para Nodo 2

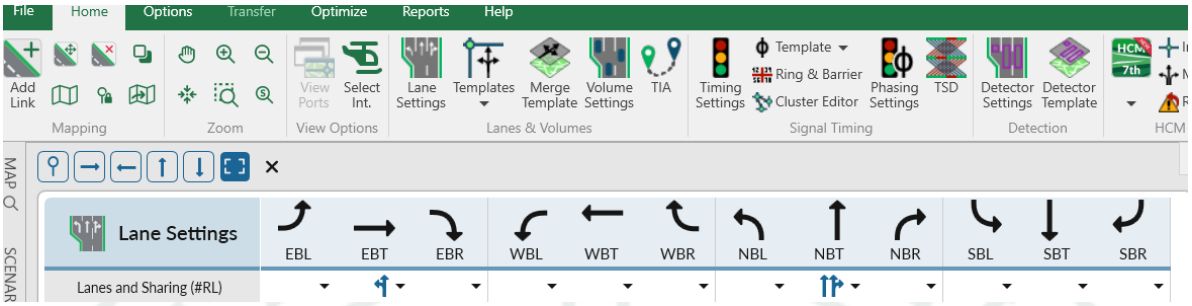


Nota. Se muestra la definición de carriles propuesto para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°3:

Figura 206

Definición de carriles propuesto para Nodo 3

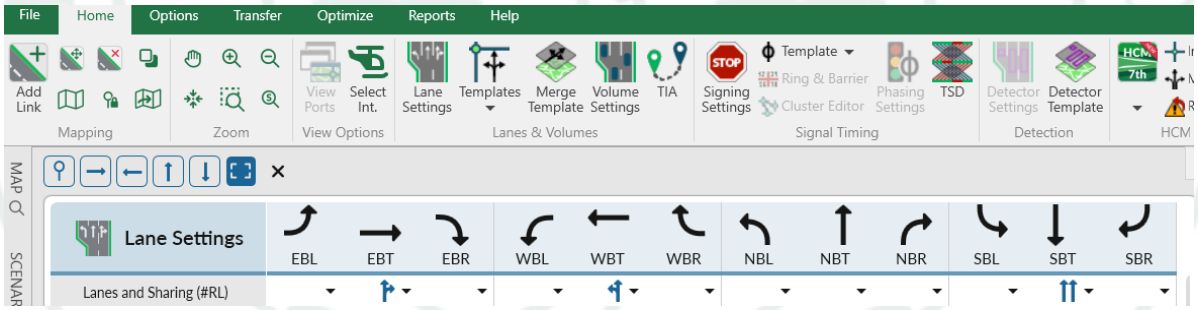


Nota. Se muestra la definición de carriles propuesto para el nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°4:

Figura 207

Definición de carriles propuesto para Nodo 4

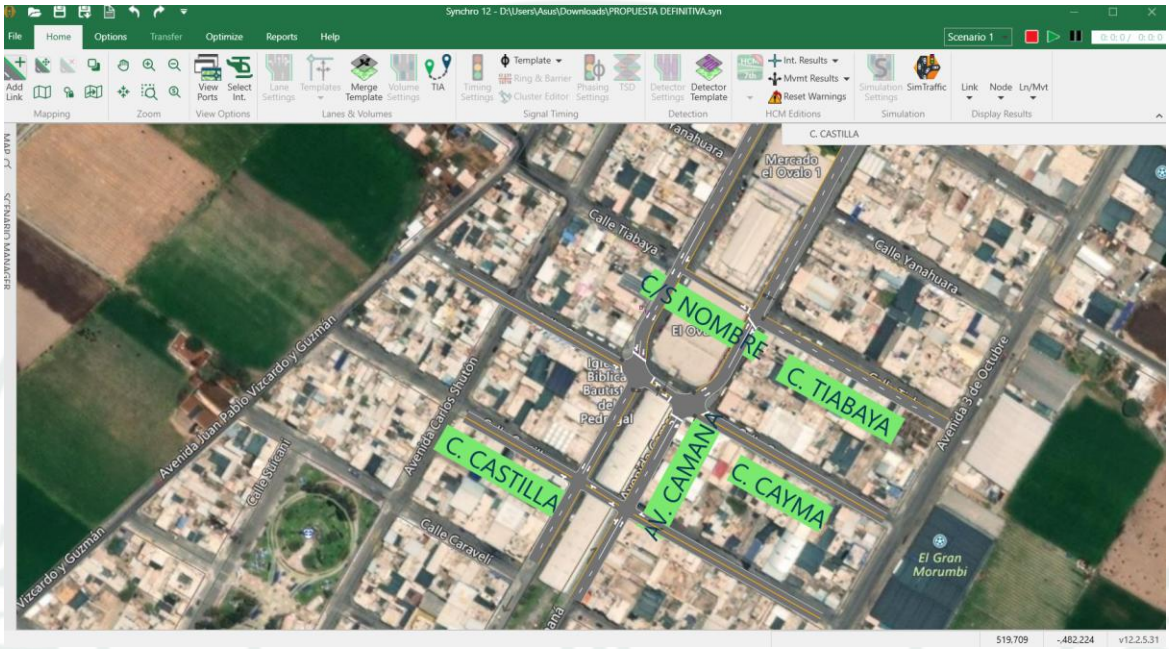


Nota. Se muestra la definición de carriles propuesto para el nodo N°4 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Vista general de las intersecciones con sus correspondientes giros y maniobras

Figura 208

Visualización general de vías trazadas y carriles de acceso propuestos



Nota. Se muestra la visualización general de vías trazadas y carriles de acceso propuestos en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Posterior a ello, En la siguiente sección, identificada como Traffic Volumen o Volumen de Tráfico, se ingresaron los datos aforados, considerando los nuevos desvíos

Para el nodo N°1:

Figura 209

Asignación de volumen propuesto para nodo N°1

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	52	59	0	0	0	0	0	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	52	59	0	0	0	0	0	206	145

Nota. Se muestra la asignación de volumen vehicular propuesto para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 210

Asignación de volumen propuesto para nodo N°2

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	73	62	0	0	111	102	0	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	73	62	0	0	111	102	0	185	113	0	0	0

Nota. Se muestra la asignación de volumen vehicular propuesto para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°3:

Figura 211

Asignación de volumen propuesto para nodo N°3

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	111	57	0	0	0	0	0	357	139	0	0	0
Future Volume (vph)	111	57	0	0	0	0	0	357	139	0	0	0

Nota. Se muestra la asignación de volumen vehicular propuesto para el nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°4:

Figura 212

Asignación de volumen propuesto para nodo N°4

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	40	20	62	70	0	0	0	0	0	337	0
Future Volume (vph)	0	40	20	62	70	0	0	0	0	0	337	0

Nota. Se muestra la asignación de volumen vehicular propuesto para el nodo N°4 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Definición de Operación:

En la fila Link Speed o Velocidad de Enlace, Se adoptaron los siguientes valores promedio, basándose en la naturaleza de las vías y sus límites de velocidad normativos:

- ✓ Avenida Camaná: Se asumió una velocidad de aproximación de 40 km/h.
- ✓ Calle Cayma, Castilla, Tiabaya y S/N: Se asumió una velocidad de aproximación de 30 km/h.

En la duodécima fila de los parámetros de carril, se activó la casilla Area Type CBD o Central Business District, para todas las intersecciones debido a la ubicación de la intersección en el centro comercial de la ciudad. Este ajuste es fundamental, ya que el HCM reconoce una ineficiencia operativa intrínseca en estas zonas de alta complejidad y congestión generalizada. En consecuencia, El software aplica un factor de ajuste CBD de 0.90 al flujo de saturación para reflejar esta reducción de capacidad.

Figura 213

Marcación de la casilla área tipo CBD propuesta

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	52	59	0	0	0	0	0	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	52	59	0	0	0	0	0	206	145
Street Name												
Link Distance (m)	—	133.2	—	—	26.2	—	—	76.1	—	—	28.4	—
Link Speed (km/h)	—	30	—	—	30	—	—	40	—	—	40	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	16.0	—	—	3.1	—	—	6.8	—	—	2.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	4.0	4.0	4.0	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—

Nota. Se muestra la configuración de casilla área tipo CBD en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Consolidación final:

Finalmente, se presenta la consolidación de las planillas de Lane Settings con los calculos automaticos del programa para cada una de las intersecciones que conforman el área de estudio.

Para el nodo N°1:

Figura 214

Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°1

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.937	—	—	1.000	—	—	—	—	—	0.935	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	0.977	—	—	—	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1356	—	—	1607	—	—	—	—	—	2582	—
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	—	—	0.748	—	—	—	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	***0.919***	—	—	***1.000***	—	—	—	—	—	***0.884***	—
Left Ped Factor	—	***1.000***	—	—	***1.000***	—	—	—	—	—	***1.000***	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1356	—	—	1230	—	—	—	—	—	2582	—
Right Turn on Red?	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	—	—	0	—	—	—	—	—	0	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla lane settings propuesta para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 215

Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°2

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	0	–	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☑	–	–	☑	–	☑	–	–	–	☑	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	0.0	–	–	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Right Turn Channelized	–	–	None	–	–	None	–	–	None	–	–	None
Curb Radius (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Add Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	–	1.000	–	–	0.935	–	–	0.850	–	–	–	–
Left Turn Factor (prot)	–	0.974	–	–	1.000	–	–	1.000	–	–	–	–
Saturated Flow Rate (prot)	–	1534	–	–	1528	–	–	2269	–	–	–	–
Left Turn Factor (perm)	–	0.725	–	–	1.000	–	–	1.000	–	–	–	–
Right Ped Bike Factor	–	*1.000*	–	–	*0.994*	–	–	*1.000*	–	–	–	–
Left Ped Factor	–	*0.953*	–	–	*1.000*	–	–	*1.000*	–	–	–	–
Saturated Flow Rate (perm)	–	1089	–	–	1528	–	–	2269	–	–	–	–
Right Turn on Red?	–	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–	–	☐
Saturated Flow Rate (RTOR)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	–	–
Link Is Hidden	–	☐	–	–	☐	–	☐	–	–	–	☐	–

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla lane settings propuesta para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°3:

Figura 216

Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°3

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Right Turn Channelized	–	–	None	–	–	None	–	–	None	–	–	None
Curb Radius (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Add Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	–	1.000	–	–	–	–	–	0.959	–	–	–	–
Left Turn Factor (prot)	–	0.968	–	–	–	–	–	1.000	–	–	–	–
Saturated Flow Rate (prot)	–	1847	–	–	–	–	–	3481	–	–	–	–
Left Turn Factor (perm)	–	0.968	–	–	–	–	–	1.000	–	–	–	–
Right Ped Bike Factor	–	*1.000*	–	–	–	–	–	*1.000*	–	–	–	–
Left Ped Factor	–	*1.000*	–	–	–	–	–	*1.000*	–	–	–	–
Saturated Flow Rate (perm)	–	1847	–	–	–	–	–	3481	–	–	–	–
Right Turn on Red?	☐	–	☐	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑
Saturated Flow Rate (RTOR)	–	0	–	–	–	–	–	121	–	–	–	–
Link Is Hidden	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla lane settings propuesta para el nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°4:

Figura 217

Consolidación final de plantilla lane settings propuesta para nodo N°4

Lane Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Grade (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Area Type CBD	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–	–	☐	–
Storage Length (m)	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0	0.0	–	0.0
Storage Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Right Turn Channelized	–	–	None	–	–	None	–	–	None	–	–	None
Curb Radius (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Add Lanes (#)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00
Right Turn Factor	–	0.954	–	–	1.000	–	–	–	–	–	1.000	–
Left Turn Factor (prot)	–	1.000	–	–	0.978	–	–	–	–	–	1.000	–
Saturated Flow Rate (prot)	–	1797	–	–	1859	–	–	–	–	–	3650	–
Left Turn Factor (perm)	–	1.000	–	–	0.978	–	–	–	–	–	1.000	–
Right Ped Bike Factor	–	***1.000***	–	–	***1.000***	–	–	–	–	–	***1.000***	–
Left Ped Factor	–	***1.000***	–	–	***1.000***	–	–	–	–	–	***1.000***	–
Saturated Flow Rate (perm)	–	1797	–	–	1859	–	–	–	–	–	3650	–
Right Turn on Red?	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑	–	–	☑
Saturated Flow Rate (RTOR)	–	0	–	–	0	–	–	–	–	–	0	–

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla lane settings propuesta para el nodo N°4 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.4.8.3 Planilla Volume Settings

Para esta planilla solo se redistribuyo el volumen entre las nuevas intersecciones formadas por el uso de vías alternas planteadas

Consolidación final:

Se presenta la consolidación de las planillas de Volume Settings con sus respectivos calculos automaticos para cada una de las intersecciones que conforman el área de estudio.

Para el nodo N°1:

Figura 218

Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°1

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	52	59	0	0	0	0	0	206	145
Development Volume (vph)	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Combined Volume (vph)	*0*	*135*	*131*	*52*	*59*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*206*	*145*
Future Volume (vph)	*0*	*135*	*131*	*52*	*59*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*206*	*145*
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	163	0	—	0	0	—	0	0	—	152
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	1	—	—	0	—	—	0	—	—	2
Peak Hour Factor	0.25	0.86	0.94	0.92	0.92	0.93	1.00	0.25	0.25	0.92	0.95	0.88
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	*0*	*157*	*139*	*57*	*64*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*217*	*165*
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	*0*	*296*	*0*	*0*	*121*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*382*	*0*

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla volume settings propuesta para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 219

Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°2

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	73	62	0	0	111	102	0	185	113	0	0	0
Development Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combined Volume (vph)	73	62	0	0	111	102	0	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	73	62	0	0	111	102	0	185	113	0	0	0
Conflicting Peds. (#/hr)	146	—	0	0	—	0	0	0	162	0	0	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	2	—	0	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.25	0.88	0.90	0.90	0.90	0.94	0.89	0.25	0.90	0.25
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	79	67	0	0	123	113	0	197	127	0	0	0
Heavy Vehicles (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	39	19	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	0	—	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	EB	—	—	—	—	NB	—	—	—	SW	—
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	146	0	0	236	0	0	324	0	0	0	0

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla volume settings propuesta para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°3:

Figura 220

Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°3

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	111	57	0	0	0	0	0	357	139	0	0	0
Development Volume (vph)	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Combined Volume (vph)	*111*	*57*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*357*	*139*	*0*	*0*	*0*
Future Volume (vph)	*111*	*57*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*357*	*139*	*0*	*0*	*0*
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.91	0.89	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.90	0.93	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	*122*	*64*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*397*	*149*	*0*	*0*	*0*
Heavy Vehicles (%)	0	2	0	2	2	2	0	0	2	2	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	EB	—	—	—	—	—	NB	—	—	—	—
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	*0*	*186*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*546*	*0*	*0*	*0*	*0*

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla volume settings propuesta para el nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°4:

Figura 221

Consolidación final de plantilla volume settings propuesta para nodo N°4

Volume Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	40	20	62	70	0	0	0	0	0	337	0
Development Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combined Volume (vph)	0	40	20	62	70	0	0	0	0	0	337	0
Future Volume (vph)	0	40	20	62	70	0	0	0	0	0	337	0
Conflicting Peds. (#/hr)	0	–	0	0	–	0	0	–	0	0	–	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.91	0.88	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Adjusted Flow (vph)	0	43	22	68	80	0	0	0	0	0	362	0
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Traffic from mid-block (%)	–	0	–	–	0	–	–	0	–	–	0	–
Link OD Volumes	–	–	–	–	WB	–	–	–	–	–	SB	–
Traffic in shared lane (%)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lane Group Flow (vph)	0	65	0	0	148	0	0	0	0	0	362	0

Nota. Se muestra el consolidado final de la planilla volume settings propuesta para el nodo N°4 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.4.8.4 Planilla Timing Settings

Primeramente, se asignaron los phashes en la codificación nema para todos los accesos nuevos. En la decimocuarta fila se encuentra el Total Split. Este parámetro fue reemplazado por los valores calculados en el diseño de los controles semafóricos. Y en la decimoquinta fila, Yellow Time, se define la duración del intervalo de luz ámbar para los accesos igualmente para la decimosexta se reemplazaron con los valores calculados.

Quedando el ciclo semafórico de cada intersección de la siguiente manera

Para el nodo N°1:

Figura 222

Asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°1

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	135	131	52	59	0	0	0	0	0	206	145
Future Volume (vph)	0	135	131	52	59	0	0	0	0	0	206	145
Turn Type	—	—	—	Perm	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	—	4	—		8	—	—	—	—	—	6	—
Permitted Phases				8								
Permitted Flashing Yellow	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases		4		8	8						6	
Switch Phase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	—	—	30.5	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	—	—	0.0	—
Minimum Initial (s)	—	2.0	—	2.0	2.0	—	—	—	—	—	2.0	—
Minimum Split (s)	—	24.0	—	24.0	24.0	—	—	—	—	—	26.0	—
Total Split (s)	—	29.0	—	29.0	29.0	—	—	—	—	—	31.0	—
Yellow Time (s)	—	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—	—	—	3.0	—
All-Red Time (s)	—	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—	—	—	1.0	—

Nota. Se muestra la asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Figura 223

Representación gráfica del ciclo semafórico propuesto del nodo N°1



Nota. Se muestra el ciclo semafórico propuesto para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 224

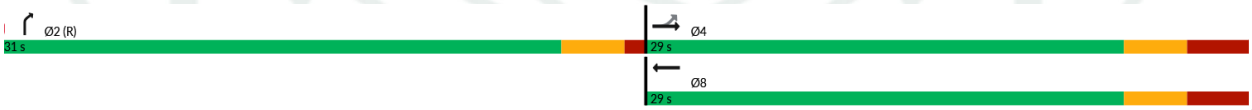
Asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°2

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	73	62	0	0	111	102	0	185	113	0	0	0
Future Volume (vph)	73	62	0	0	111	102	0	185	113	0	0	0
Turn Type	Perm	—	—	—	—	—	—	Prot	—	—	—	—
Protected Phases		4	—	—	8	—	—	2	—	—	—	—
Permitted Phases	4											
Permitted Flashing Yellow	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	4	4			8			2				
Switch Phase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	—
Minimum Initial (s)	2.0	2.0	—	—	2.0	—	—	2.0	—	—	—	—
Minimum Split (s)	29.0	29.0	—	—	29.0	—	—	31.0	—	—	—	—
Total Split (s)	29.0	29.0	—	—	29.0	—	—	31.0	—	—	—	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	—	—
All-Red Time (s)	3.0	3.0	—	—	3.0	—	—	1.0	—	—	—	—

Nota. Se muestra la asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Figura 225

Representación gráfica del ciclo semafórico propuesto del nodo N°2



Nota. Se muestra el ciclo semafórico propuesto para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°3:

Figura 226

Asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°3

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	111	57	0	0	0	0	0	357	139	0	0	0
Future Volume (vph)	111	57	0	0	0	0	0	357	139	0	0	0
Turn Type	Split	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Protected Phases	4	4	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Permitted Phases												
Permitted Flashing Yellow	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Detector Phases	4	4						2				
Switch Phase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leading Detector (m)	—	0.0	—	—	—	—	—	0.0	—	—	—	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	—	—	—	0.0	—	—	—	—
Minimum Initial (s)	2.0	2.0	—	—	—	—	—	1.0	—	—	—	—
Minimum Split (s)	28.0	28.0	—	—	—	—	—	32.0	—	—	—	—
Total Split (s)	28.0	28.0	—	—	—	—	—	32.0	—	—	—	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	—	—	—	—	3.0	—	—	—	—
All-Red Time (s)	2.0	2.0	—	—	—	—	—	1.0	—	—	—	—

Nota. Se muestra la asignación de tiempos de fases semafóricas para el nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Figura 227

Representación gráfica del ciclo semafórico propuesto del nodo N°3



Nota. Se muestra el ciclo semafórico propuesto para el nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

En el caso de esta intersección la propuesta de diseño se planteó que no sea semaforizada por lo que estará regulada por una señal de ceda el paso

Para el nodo N°4

Figura 228

Planteamiento de señal ceda el paso para nodo N°4

HCM 2000 Signing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR
Lanes and Sharing (#RL)						
Traffic Volume (vph)	0	40	20	62	70	0
Future Volume (vph)	0	40	20	62	70	0
Sign Control	—	Free	—	—	Yield	—
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—
TWLTL Median	—	☐	—	—	☐	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None
Critical Gap, tC (s)	—	—	—	—	—	—
Follow Up Time, tF (s)	—	—	—	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	—	—	—	—	—
Control Delay (s)	—	—	—	—	—	—
Level of Service	—	—	—	—	—	—
Queue Length 95th (m)	—	—	—	—	—	—
Approach Delay (s)	—	—	—	—	—	—

Nota. Se muestra la configuración ceda el paso para el nodo N°4 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Finalmente, en la parte inferior de la planilla Timing Settings, el software reporta las Medidas de efectividad resultantes de la modelación. Estos indicadores cuantifican el rendimiento de la intersección bajo la configuración ingresada:

Para el nodo N°1:

Figura 229

Tiempos de control y nivel de servicio propuestos para el nodo N°1

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	—	Max	—	Max	Max	—	—	—	—	—	Max	—
Speed limit (km/h)	—	41	—	—	41	—	—	41	—	—	41	—
Actuated Effct. Green (s)	—	22.0	—	—	22.0	—	—	—	—	—	26.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.37	—	—	0.37	—	—	—	—	—	0.43	—
Volume to Capacity Ratio	—	0.60	—	—	0.27	—	—	—	—	—	0.34	—
Control Delay (s)	—	21.4	—	—	2.8	—	—	—	—	—	12.4	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	—	—	0.0	—
Total Delay (s)	—	21.4	—	—	2.8	—	—	—	—	—	12.4	—
Level of Service	—	C	—	—	A	—	—	—	—	—	B	—
Approach Delay (s)	—	21.4	—	—	2.8	—	—	—	—	—	12.4	—
Approach LOS	—	C	—	—	A	—	—	—	—	—	B	—

Nota. Se muestra el resultado de tiempos de control y nivel de servicio para el nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 230

Tiempos de control y nivel de servicio propuestos para el nodo N°2

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBR	NBR2	SWL2	SWL	SWR
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	—	Max	—	—	Max	—	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	41	—	—	41	—	41	—	—	—	41	—
Actuated Effct. Green (s)	—	22.0	—	—	22.0	—	—	26.0	—	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.37	—	—	0.37	—	—	0.43	—	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	0.37	—	—	0.42	—	—	0.33	—	—	—	—
Control Delay (s)	—	3.5	—	—	17.1	—	—	12.5	—	—	—	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	—
Total Delay (s)	—	3.5	—	—	17.1	—	—	12.5	—	—	—	—
Level of Service	—	A	—	—	B	—	—	B	—	—	—	—
Approach Delay (s)	—	3.5	—	—	17.1	—	12.5	—	—	—	—	—
Approach LOS	—	A	—	—	B	—	B	—	—	—	—	—

Nota. Se muestra el resultado de tiempos de control y nivel de servicio para el nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°3:

Figura 231

Tiempos de control y nivel de servicio propuestos para el nodo N°3

Timing Settings	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	—	—	—	—	Max	—	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	41	—	—	41	—	—	41	—	—	41	—
Actuated Effct. Green (s)	—	23.0	—	—	—	—	—	28.0	—	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.38	—	—	—	—	—	0.47	—	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	0.26	—	—	—	—	—	0.32	—	—	—	—
Control Delay (s)	—	14.0	—	—	—	—	—	11.4	—	—	—	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	—	—	—	0.5	—	—	—	—
Total Delay (s)	—	14.0	—	—	—	—	—	11.9	—	—	—	—
Level of Service	—	B	—	—	—	—	—	B	—	—	—	—
Approach Delay (s)	—	14.0	—	—	—	—	—	11.9	—	—	—	—
Approach LOS	—	B	—	—	—	—	—	B	—	—	—	—

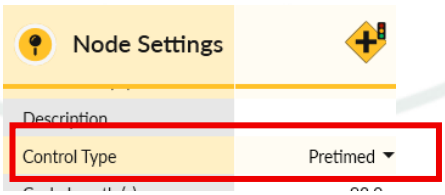
Nota. Se muestra el resultado de tiempos de control y nivel de servicio para el nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.4.8.5 Planilla Node Settings

En la décima fila, Control Type, se seleccionó la opción Pretimed para los nodos 1.2 y 3. Esto indica que el semáforo funciona con tiempos fijos y no depende de la demanda vehicular o y obedeciendo a una programación constante que no varía, haya o no haya tráfico, además para el nodo 4 al ser no semaforizada se seleccionó unsing.

Figura 232

Tipo de control propuesto nodos 1,2 y 3



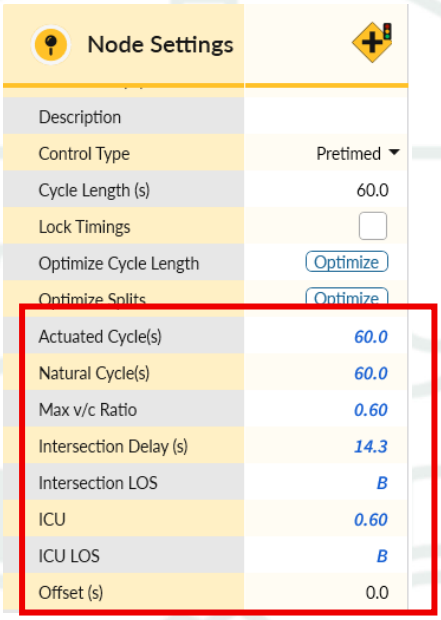
Nota. Se muestra la configuración de tipos de control propuesto para los nodos 1,2, y 3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Finalmente se muestran los resultados finales de los cálculos que realizó el programa en base a la información que insertamos en todas las plantillas. Estos cálculos están basados en base a la metodología del Manual HCM 2016. Los resultados se muestran a continuación

Para el nodo N°1:

Figura 233

Nivel de servicio, Índice de capacidad y ciclo del nodo N°1

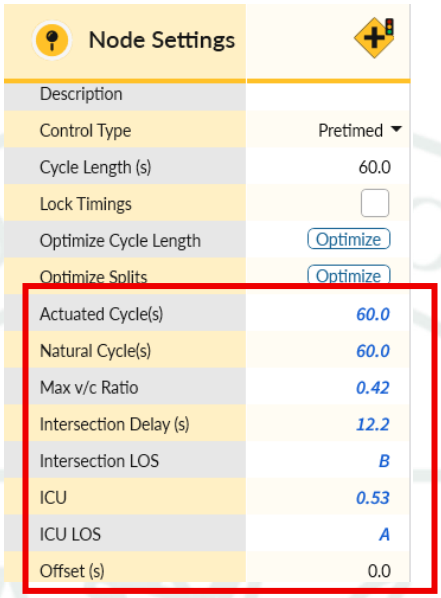


Nota. Se muestra los resultados de nivel de servicio, ICU y ciclo del nodo N°1 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°2:

Figura 234

Nivel de servicio, Índice de capacidad y ciclo del nodo N°2

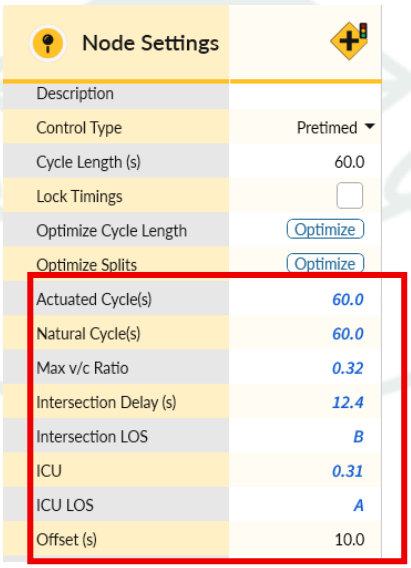


Nota. Se muestra los resultados de nivel de servicio, ICU y ciclo del nodo N°2 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°3:

Figura 235

Nivel de servicio, Índice de capacidad y ciclo del nodo N°3



Nota. Se muestra los resultados de nivel de servicio, ICU y ciclo del nodo N°3 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Para el nodo N°4:

Figura 236

Índice de capacidad nodo N°4

Node Settings	
Node #	4
Zone	
X East (m)	519547.9
Y North (m)	-482134.8
Z Elevation (m)	0.0
Description	
Control Type	Unsig
Max v/c Ratio	0.00
Intersection Delay (s)	—
Intersection LOS	—
ICU	0.30
ICU LOS	A

Nota. Se muestra los resultados del ICU del nodo N°4 en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Volúmenes vehiculares por acceso

Figura 237

Representación gráfica de los volúmenes vehiculares por acceso



Nota. Se muestra gráficamente los volúmenes vehiculares por acceso en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

LOS: Niveles de servicio por acceso

Figura 238

Niveles de servicio por acceso propuesto



Nota. Se muestra gráficamente los niveles de servicio por acceso propuesto en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

LOS: Nivel de servicio

Figura 239

Nivel de servicio propuesto

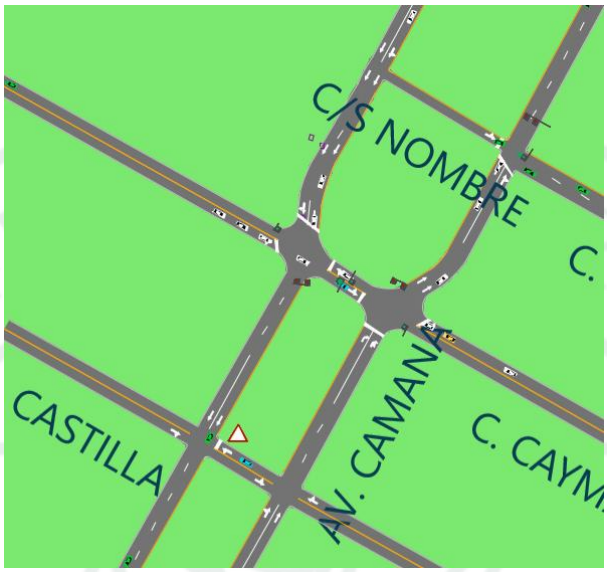


Nota. Se muestra gráficamente los niveles de servicio en cada nodo propuesto en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Simulación del tráfico propuesto en 2D

Figura 240

simulación del tráfico propuesto 2D



Nota. Se muestra la simulación del escenario propuesto en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.4.9 Validación de Confiabilidad y Estabilidad de escenario propuesto

Para establecer el estado propuesto del desempeño operativo a nivel microscópico, se procedió a la evaluación de las condiciones dinámicas y estocásticas de la intersección Av. Camaná y C. Cayma. La recolección de datos se ejecutó mediante el software de micro simulación SimTraffic. Para garantizar la confiabilidad estadística y capturar la variabilidad natural del comportamiento vehicular, se configuró un escenario base con 20 iteraciones independientes utilizando diferentes semillas aleatorias, en estricto cumplimiento de los lineamientos de la Administración Federal de Carreteras (FHWA), los resultados de cada indicador fueron sometidos a un análisis de control estadístico mediante cartas I-MR con un nivel de confianza de 3 sigmas.

A continuación, se presenta el análisis detallado y los gráficos de control estadístico para cada uno de los indicadores microscópicos evaluados:

Figura 241

Resultados obtenidos de las corridas 1 a la 20 del escenario propuesto

Run Number	1	2	3	4	5	6	7
Travel Time (hr)	22.5	22.6	21.5	21.6	22.2	22.6	22.4
Total Delay (hr)	8.5	8.7	7.9	7.5	8.2	8.6	8.2
Total Stops	1158	1215	1095	1126	1179	1180	1206
Fuel Used (l)	48.1	48.2	46.4	47.5	47.4	48.2	48.7

Run Number	8	9	10	11	12	13	14
Travel Time (hr)	23.0	20.2	25.1	21.2	23.9	21.7	22.0
Total Delay (hr)	9.1	7.0	11.1	7.8	10.1	7.8	8.4
Total Stops	1205	1058	1245	1153	1215	1142	1163
Fuel Used (l)	47.9	43.7	50.6	46.0	49.2	47.1	47.6

Run Number	15	16	17	18	19	20	Avg
Travel Time (hr)	22.6	22.2	22.2	20.5	25.4	22.6	22.4
Total Delay (hr)	8.8	8.3	8.2	7.4	10.9	8.7	8.6
Total Stops	1168	1228	1200	1081	1286	1222	1178
Fuel Used (l)	48.0	47.6	47.5	44.8	51.2	47.7	47.7

Nota. Se muestra los resultados obtenidos de las corridas 1 a la 20 del escenario propuesto en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

Figura 242

Resultados obtenidos de las emisiones de las corridas 1 a la 20 del escenario propuesto

Total Network Performance By Run

Run Number	1	2	3	4	5	6	7
HC Emissions (g)	52	45	46	51	51	46	54
CO Emissions (g)	2774	2674	2676	2750	2749	2705	2848
NOx Emissions (g)	270	255	252	269	264	257	280

Total Network Performance By Run

Run Number	8	9	10	11	12	13	14
HC Emissions (g)	52	45	47	46	55	45	49
CO Emissions (g)	2775	2529	2734	2652	2869	2669	2752
NOx Emissions (g)	269	242	264	252	278	252	263

Total Network Performance By Run

Run Number	15	16	17	18	19	20	Avg
HC Emissions (g)	51	63	51	54	51	45	50
CO Emissions (g)	2718	3030	2750	2687	2840	2633	2741
NOx Emissions (g)	266	296	269	266	276	255	265

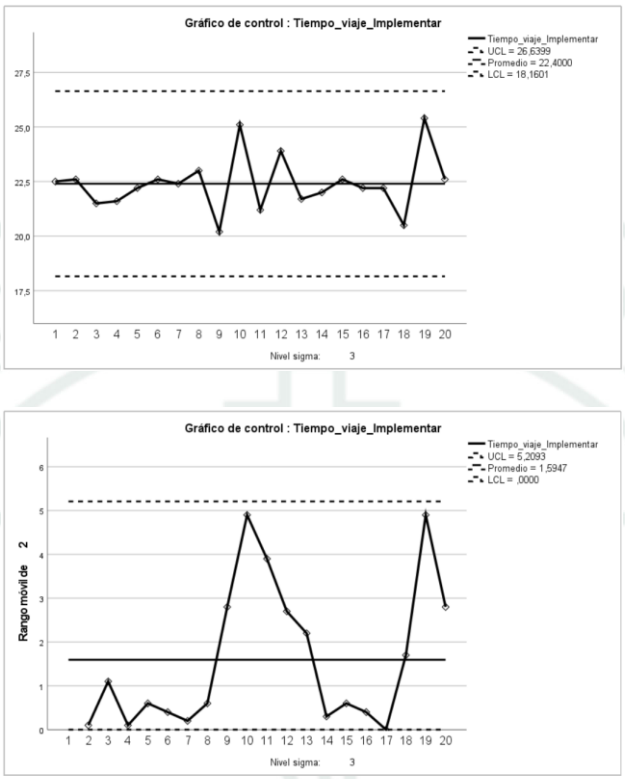
Nota. Se muestra los resultados obtenidos de las emisiones de las corridas 1 a la 20 del escenario propuesto en el Software Synchro V.12, Fuente propia.

4.2.4.9.1 Tiempo de viaje (Hr)

En el gráfico de valores individuales (I), la línea central evidencia un impacto sumamente positivo en la red: el tiempo de viaje promedio se ha reducido drásticamente a 22.4000 horas acumuladas por iteración. La dispersión espacial y temporal del flujo bajo la nueva configuración semafórica establece un Límite de Control Superior (LCS) de 26.6399 horas y un Límite de Control Inferior (LCI) de 18.1601 horas. Resulta fundamental destacar la radical compresión de la brecha operativa, la cual ahora es de apenas 8.4798 horas, frente a las más de 135 horas de amplitud del escenario actual. El 100% de las observaciones se mantienen bajo control, con ligeras fluctuaciones propias del arribo vehicular estocástico, alcanzando un máximo cercano a las 25 horas (iteraciones 10 y 19) y mínimos cercanos a las 20 horas.

Figura 243

Gráfico de control I-MR tiempo de viaje escenario propuesto



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR tiempo de viaje escenario propuesto, Fuente propia.

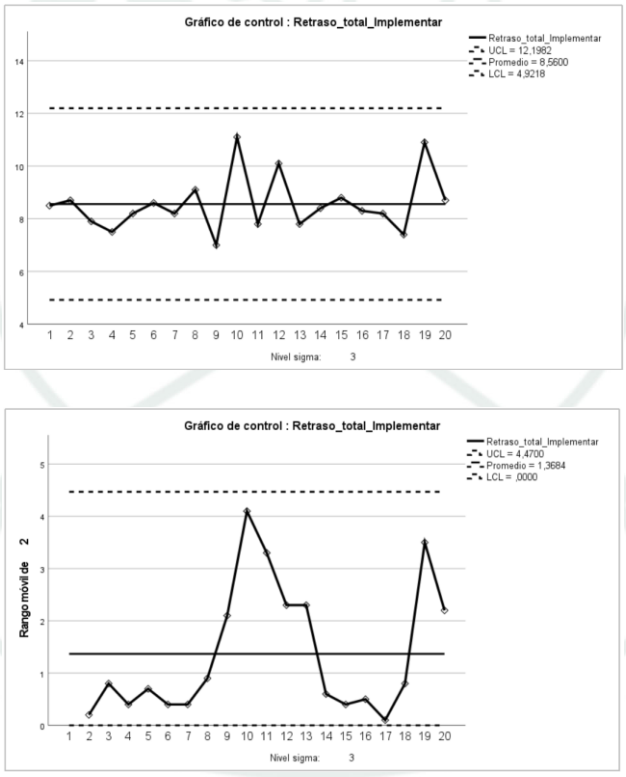
Respecto a la volatilidad del sistema, el gráfico de rango móvil (MR) confirma la estabilización de la red vial. La variación media entre escenarios consecutivos se desplomó a 1.5947 horas, estableciendo un límite superior máximo esperado (LCS) de 5.2093 horas y un límite inferior de 0.0000 horas. Desde el punto de vista operativo, esto demuestra que el sistema propuesto ha eliminado la incertidumbre y la sensibilidad ante la llegada de pelotones vehiculares; el comportamiento del flujo ahora es predecible, continuo y altamente resiliente a las variaciones de demanda.

4.2.4.9.2 Retraso total (Hr)

En el gráfico de valores individuales (I) puede observarse una clara mejoría en la continuidad del flujo de vehículos. En la línea central se ve que el retraso total promedio se redujo a tan solo 8.5600 horas acumuladas por periodo. La dispersión estadística del sistema optimizado, fija un Límite de Control Superior (LCS) de 12,1982 horas y un Límite de Control Inferior (LCI) de 4,9218 horas. La nueva franja de operación abarca tan sólo 7,2764 horas. Eso implica una compresión muy grande frente a las más de 127 horas de amplitud del escenario base. Se mantiene el control del 100% de los datos. Se observan picos máximos de la congestión residual cerca de las 11 h (iteraciones 9 y 19) y mínimos cerca de 7 h (iteración 8).

Figura 244

Gráfico de control I-MR retraso total escenario propuesto



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR retraso total escenario propuesto, Fuente propia.

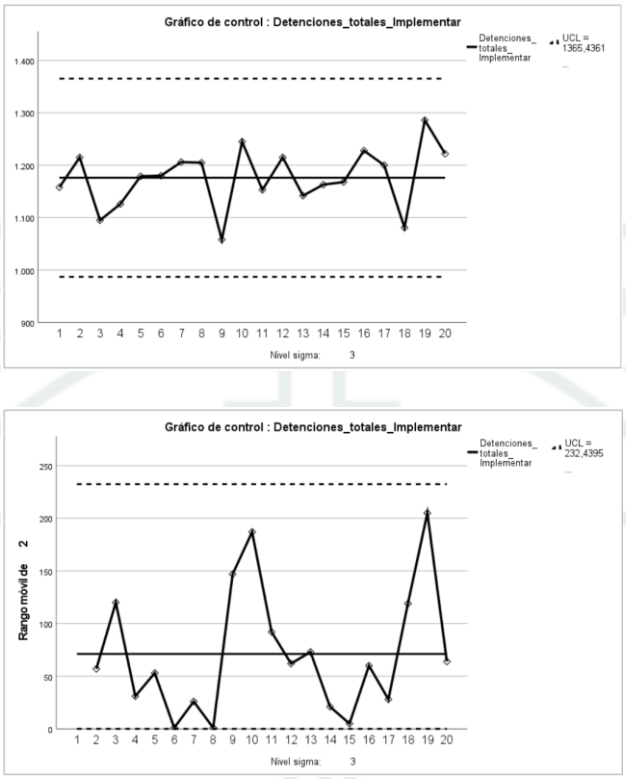
Respecto a la volatilidad Inter escenario, el gráfico de rango móvil (MR) evidencia la neutralización de la inestabilidad. La variación promedio entre corridas consecutivas se disminuyó a un valor promedio de 1.3684 horas, con un límite superior (LCS) de 4.4700 horas y un límite inferior de 0.0000 horas. La total permanencia de los datos dentro de tan estrechos márgenes, demuestra que la propuesta ha blindado a la intersección contra las fluctuaciones naturales de la demanda, garantizando que el nivel de pérdida de tiempo sea mínimo y constante, sin saltos impredecibles.

4.2.4.9.3 Detenciones totales (Und)

En el gráfico de valores individuales (I) se observa una mitigación directa en la interrupción del tráfico. La línea central muestra que el promedio de detenciones por periodo se ha reducido a 1176.1830 paradas acumuladas, mostrando una disminución de más de 210 detenciones respecto a la línea base. Bajo estas nuevas condiciones de flujo más continuo, la dispersión estadística establece un Límite de Control Superior (LCS) de 1365.4361 detenciones y un Límite de Control Inferior (LCI) de 986.9330 detenciones. La franja operativa se ha comprimido hasta una amplitud de unas 378,5 unidades de variación. El 100% de las iteraciones se encuentra dentro de los límites de control estadístico, con máximos cercanos a las 1280 paradas (iteración 19) y escenarios de mayor fluidez que descienden hasta las 1050 paradas (iteraciones 8 y 18).

Figura 245

Gráfico de control I-MR detenciones totales escenario propuesto



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR detenciones totales escenario propuesto, Fuente propia.

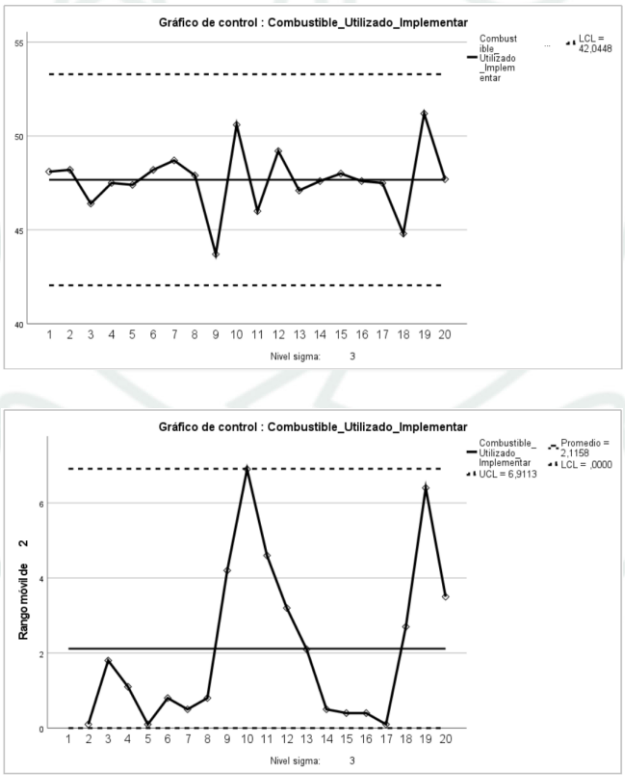
En cuanto a la estabilidad entre escenarios, el gráfico de rango móvil (MR) refleja una disminución muy considerable de la volatilidad del sistema. El promedio de variación entre corridas consecutivas bajó hasta 71.1477 detenciones, de promedio. Es casi la mitad de la inestabilidad del escenario actual. El límite superior (LCS) es 232.4395 paros y el límite inferior es 0.0000. Todo está bajo control. Esto confirma que el modelo de llegadas de vehículos y formación de colas es ahora mucho más parejo y menos propenso a caídas repentinas.

4.2.4.9.4 Combustible utilizado (L)

En el gráfico de valores individuales (I) podemos apreciar una formidable optimización energética. La línea central muestra que el consumo promedio de la intersección ha caído a 47,6719 litros por periodo evaluado, lo que implica una reducción de más de 62 litros con respecto al escenario base. En el nuevo régimen de flujo continuo, la dispersión estadística muestra un Límite de Control Superior (LCS) de 53.2990 litros y un Límite de Control Inferior (LCI) de 42.0448 litros. La variación máxima esperada se ha reducido de casi 120 litros de incertidumbre en el modelo anterior a tan sólo 11,2542 litros. Se tiene el 100% de observaciones bajo control con picos máximos cercanos a los 51 litros (iteraciones 10 y 19) y un escenario de máxima eficiencia de ~43.5 litros (iteración 9).

Figura 246

Gráfico de control I-MR combustible utilizado escenario propuesto



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR combustible utilizado escenario propuesto, Fuente propia.

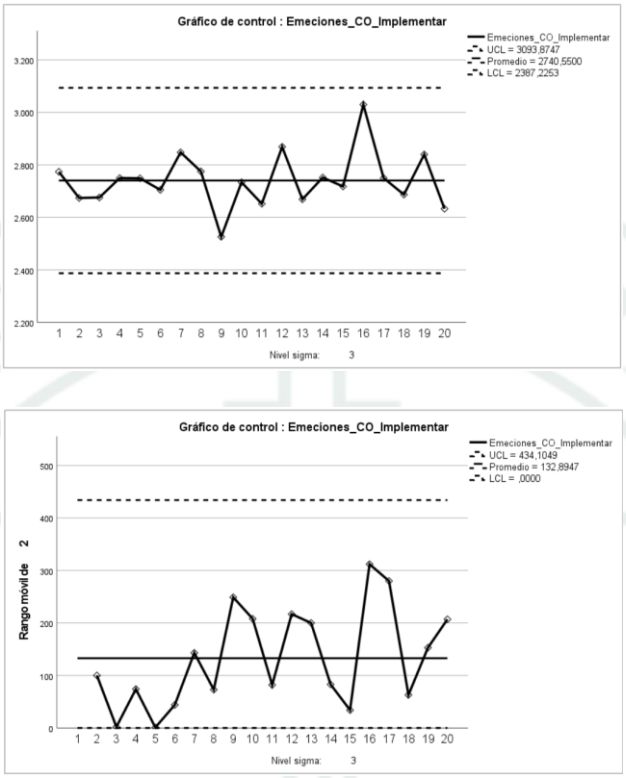
La evaluación de la volatilidad en el gráfico de rango móvil (MR) confirma la extrema estabilidad del nuevo modelo. La fluctuación promedio del consumo entre corridas consecutivas se redujo hasta unos marginales 2.1158 litros, con límite superior esperado (LCS) de 6.9113 litros y límite inferior de 0.0000 litros. Todos los datos se sitúan dentro de estos márgenes estrechos, por lo que el sistema ya no sufre cambios bruscos de demanda energética.

4.2.4.9.5 Emisiones CO (g)

En el gráfico de valores individuales (I) podemos observar una mejora ambiental importante. La línea central permite concluir que la carga contaminante promedio de la intersección se reduce a 2740.5500 gramos de CO por periodo evaluado. Significa una disminución importante de los más de 3.326 gramos que emitía el escenario base. Con el nuevo régimen semafórico, la dispersión estadística define un Límite de Control Superior (LCS) de 3093.8747 g y un Límite de Control Inferior (LCI) de 2387.2253 g. La variación se ha contraído considerablemente a 706.6494 gramos. El 100 % de las observaciones se encuentra dentro de los límites de control estadístico, con la iteración 16 registrando el pico de mayor emisión (aproximadamente 3020 gramos) y la iteración 9 el escenario de menor impacto (aproximadamente 2530 gramos).

Figura 247

Gráfico de control I-MR emisiones CO escenario propuesto



Nota. Se muestra el gráfico de control I-MR emisiones CO escenario propuesto, Fuente propia.

Según el análisis del gráfico de rango móvil (MR) se observa una caída en la volatilidad de las emisiones. La modificación promedio de la carga contaminante entre las corridas consecutivas se disminuyó a 132.8947 gramos. El límite superior máximo esperado (LCS) es de 434.1049 gramos y el límite inferior de 0.0000 gramos. Los datos siguen todos estables y bajo control. Esto indica que el proceso optimizado es estable, y no tiene grandes cambios ambientales frente a pequeñas variaciones de la demanda vehicular.

4.2.4.9.6 Conclusión de Confiabilidad y Estabilidad del Escenario Propuesto

Se puede concluir que el análisis estadístico de los gráficos de control I-MR a las 20 iteraciones del escenario propuesto, demuestra el éxito de la intervención DMAIC en la

intersección Av. Camaná y C. Cayma, garantizando un proceso continuo, predecible y con el 100% de los datos dentro del control estadístico. Al comparar estos resultados con el diagnóstico de línea base, se evidencia una mejora clara y simultánea en todos los indicadores evaluados a nivel de red, el tiempo de viaje total acumulado se desplomó de 91.12 a 22.40 hrs, el retraso total tuvo una reducción masiva pasando de 74.24 a tan solo 8.56 hrs y las detenciones se vieron mitigadas pasando de 1387 a 1176 paradas por periodo. Esta mejora en la continuidad del flujo redujo drásticamente la fricción operativa, generando así una gran eficiencia energética y ambiental, optimizando el consumo de combustible de 109.71 a 47.67 litros y disminuyendo las emisiones de CO de 3326.35 a 2740.55 gramos. Toda esta transición técnica desde un estado inicial "estable pero ineficiente", hacia un nuevo modelo "estable y altamente capaz" confirma matemáticamente la pertinencia de la propuesta.

4.2.4.10 Medición de CTQs (Propuesto)

Después de culminar con el desarrollo del modelo digital propuesto, En esta etapa casi final de la metodología DMAIC, para determinar la magnitud de mejora del problema en la intersección Av. Camaná Calle Cayma, se procedió a la cuantificación de los indicadores de desempeño en el escenario Propuesto. El análisis se estructura bajo las cuatro dimensiones críticas de calidad (CTQ) Movilidad, Eficiencia Operativa, Seguridad Operacional y Calidad del Servicio.

4.2.4.10.1 Medición y Cuantificación de mejora del Escenario Propuesto

Movilidad: Se evaluó la recuperación de la fluidez del tránsito y la eliminación de las restricciones físicas temporales.

Tabla 35

Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la movilidad

INDICADORES DE MOVILIDAD	Acceso	Línea Base	Escenario Propuesto	% de mejora Lograda	Conclusión
Demora de Control (s/veh)	EBT	147,6	21,4	-86%	MEJORO
	SBT	132,6	12,4	-91%	MEJORO
	WBT	67,9	17,1	-75%	MEJORO
	NBT	158	12,5	-92%	MEJORO
Tiempo de Viaje (seg)	EBT	156,6	30,4	-81%	MEJORO
	SBT	135,1	14,9	-89%	MEJORO
	WBT	80,9	30,1	-63%	MEJORO
	NBT	178,5	33	-82%	MEJORO
Paradas Totales (und/h)	EBT	214	211	-1%	MEJORO
	SBT	448	219	-51%	MEJORO
	WBT	187	153	-18%	MEJORO
	NBT	370	188	-49%	MEJORO

Nota. Se muestra el Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la movilidad, Fuente propia.

- ✓ Contracción de Demoras: Se logró una mejora sustancial en las cuatro aproximaciones de la intersección. La demora por control en la vía transversal se redujo drásticamente a 21.4 s/veh para el acceso EBT y a 12.4 s/veh en el WBT, lo que equivale a optimizaciones del 86% y 91% respectivamente. La vía colectora principal por su parte alcanzó un régimen de flujo continuo al disminuir sus tiempos de espera a 17.1 s/veh en el SBT y 12.5 s/veh en el NBT, representando avances del 75% y 92% para cada caso.
- ✓ Agilización del Tiempo de Viaje: Los recorridos recuperaron su velocidad operativa. En la sección transversal, el tiempo de viaje del acceso EBT se contrajo a 30.4 segundos logrando una mejora del 81%, a la vez que el WBT bajó a 14.9 segundos marcando un progreso del 89%. Asimismo, la reestructuración de la vía colectora garantizó una progresión fluida para los vehículos, agilizando el tiempo

de viaje a 30.1 segundos en la aproximación SBT y a 33.0 segundos en la NBT. Estos valores consolidan optimizaciones del 63% y 82% correspondientemente.

- ✓ Pacificación de la Fricción: Las detenciones masivas experimentaron un descenso generalizado, restituyendo la continuidad de marcha en el corredor. En la vía principal, las detenciones totales cayeron a 153 unidades por hora para el acceso SBT y a 188 en el NBT, traduciéndose en mejoras operativas del 18% y 49%. Simultáneamente, el comportamiento en las vías transversales también fue favorable, contabilizando 211 detenciones en el EBT con una reducción del 1% y 219 paradas en el WBT, alcanzando un 51% de progreso, respectivamente, las cifras reflejan la normalización de la red, los vehículos ya no quedan atrapados en bloqueos, sino que efectúan una única parada operativa controlada dentro de su ciclo.

Eficiencia Operativa: Se reevaluó el nivel de aprovechamiento de los recursos temporales y espaciales de la infraestructura vial.

Tabla 36

Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la eficiencia

INDICADORES DE EFICIENCIA	Acceso	Línea Base (Fase Medir)	Escenario Propuesto (Fase Implementar)	% de Optimización Logrado	Conclusión
Ratio g/C (%)	EBT	24%	43%	79%	AUMENTO
	SBT	25%	45%	80%	AUMENTO
	WBT	24%	43%	79%	AUMENTO
	NBT	25%	45%	80%	AUMENTO
ICU (%)	NODO 1	68,0%	60,3%	-11%	MEJORO
	NODO 2	67,6%	52,2%	-23%	MEJORO
Combustible (L/H)	EBT	34	11	-68%	MEJORO
	SBT	52	9	-83%	MEJORO
	WBT	17	8	-53%	MEJORO
	NBT	39	8	-79%	MEJORO
Emisiones de CO (g/h)	EBT	634	210	-67%	MEJORO
	SBT	976	158	-84%	MEJORO
	WBT	309	156	-50%	MEJORO
	NBT	724	149	-79%	MEJORO

Nota. Se muestra el Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la eficiencia, Fuente propia.

- ✓ Maximización de Tiempo (g/C): La intervención logró duplicar la rentabilidad del tiempo. Los accesos transversales EBT/WBT elevaron su Ratio g/C al 38% más del 90.0%, y los accesos de la vía colectora principal SBT/NBT se elevaron al 42% generando así un aumento del 100.0%.
- ✓ Liberación de Capacidad (ICU): La optimización del derecho de paso descomprimió la geometría. El Índice de Utilización de Capacidad en el Nodo 1 descendió a un 60.3%, evidenciando una mejora del 11%, mientras que el Nodo 2 se estabilizó en un 52.2%, consolidando una reducción del 23%. Este rediseño operativo amplió el margen de capacidad residual de la vía, alejando

al sistema del umbral de saturación y otorgando resiliencia frente a incrementos futuros de la demanda.

- ✓ Sostenibilidad Energética: Al erradicar la ineficiencia de las demoras por ralentí y el arranque continuo, el desempeño ecológico de la intersección mejoró significativamente. El consumo de combustible se redujo a 11 litros por hora en el acceso EBT y a 9 litros por hora en el WBT, alcanzando optimizaciones del 68% y 83% respectivamente. En la vía principal, los accesos NBT y SBT estabilizaron su consumo en 8 litros por hora, logrando progresos del 79% y 53%. Consecuentemente, las emisiones de monóxido de carbono descendieron a 210 y 158 gramos por hora en las vías transversales EBT y WBT, mientras que en la vía principal bajaron a 149 gramos por hora para el NBT y 156 para el SBT. Esta contracción drástica refleja reducciones contaminantes que oscilan entre el 50% y el 84% para toda la red.

Seguridad Operacional: Se reevaluó la vulnerabilidad del sistema frente a los riesgos físicos de interacción vehicular, la propensión al bloqueo de la red y los niveles de saturación de los carriles

Tabla 37

Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la seguridad operacional

INDICADORES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	Acceso	Línea Base (Fase Medir)	Escenario Propuesto (Fase Implementar)	% de Optimización Logrado	Conclusión
Relación v/c	EBT	1,17	0,29	-75%	MEJORO
	SBT	1,18	0,34	-71%	MEJORO
	WBT	0,88	0,42	-52%	MEJORO
	NBT	1,33	0,33	-75%	MEJORO
Cola Percentil 95 (m)	EBT	108,5	44,6	-59%	MEJORO
	SBT	91,6	22,6	-75%	MEJORO
	WBT	83,4	35,3	-58%	MEJORO
	NBT	91,4	22	-76%	MEJORO
Spillback (und/h)	EBT	3	0	-100%	MEJORO
	SBT	2	0	-100%	MEJORO
	WBT	0	0	0%	IGUAL
	NBT	2	0	-100%	MEJORO

Nota. Se muestra el Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la seguridad operacional, Fuente propia.

- ✓ Estabilización del Flujo (v/c): La tasa de saturación descendió a márgenes seguros, logrando que todos los frentes abandonen la zona de falla y el riesgo de colapso. En el eje transversal, la relación de volumen sobre capacidad bajó a 0.29 en el acceso EBT alcanzando una optimización del 75%, y a 0.34 en el acceso WBT marcando un 71% de mejora. Por su parte, en la vía principal, la saturación se estabilizó en 0.42 para el acceso SBT logrando un 52% de progreso, y en un fluido 0.33 para el NBT, representando una mejora del 75%.

- ✓ Contracción de Colas: La extensión de las colas experimentó reducciones drásticas. En las vías transversales, la longitud máxima de acumulación se contrajo a 44.6

metros en el acceso EBT, lo que equivale a una mejora del 59%, y a 22.6 metros en el acceso WBT consolidando un avance del 75%. Simultáneamente, en el eje colector, el acceso SBT redujo su cola a 35.3 metros con un 58% de optimización, mientras que el acceso NBT cayó a 22.0 metros exactos, logrando una mejora del 76%.

- ✓ Erradicación del Spillback: Al encajar los vehículos perfectamente dentro de la capacidad de almacenamiento de sus respectivas cuadras, el fenómeno de bloqueo por Spillback fue mitigado al 100%, reportando una pérdida de 0 veh/h en la totalidad de la red, devolviendo la seguridad operativa al sistema.

Calidad del Servicio: Se reevaluó la percepción global del desempeño del sistema desde la perspectiva del usuario.

Tabla 38

Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la calidad del servicio

INDICADORES DE CALIDAD DEL SERVICIO	Acceso	Línea Base (Fase Medir)	Escenario Propuesto (Fase Mejorar)	% de Optimización Logrado	Conclusión
Nivel de servicio	EBT	F	C		MEJORO
	SBT	F	B		MEJORO
	WBT	E	B		MEJORO
	NBT	F	B		MEJORO
Demora por Cola (s/veh)	EBT	1,5	0	100%	MEJORO
	SBT	0,3	0	100%	MEJORO
	WBT	1,2	0	100%	MEJORO
	NBT	0	0	0%	IGUAL
Índice de Paradas	EBT	0,89	0,88	1%	MEJORO
	SBT	0,75	0,37	51%	MEJORO
	WBT	0,58	0,47	18%	MEJORO
	NBT	0,74	0,38	49%	MEJORO

Nota. Se muestra el Diagnóstico y cuantificación de implementación de propuesta en la calidad del servicio, Fuente propia.

- ✓ Recuperación del Nivel de Servicio: Se logro una transformación sustancial, revirtiendo el estado de colapso operativo inicial en la totalidad del sistema. En el acceso transversal, la aproximación EBT evolucionó de un nivel F a un nivel C, mientras que el acceso WBT ascendió de un nivel F a un nivel B. Por su parte, la vía principal consolidó una fluidez óptima, logrando que el acceso SBT progrese de un nivel E a un nivel B, y que el acceso NBT supere la falla funcional pasando de F a B. Esta evolución generalizada confirma un incremento drástico en el confort y la calidad percibida por los usuarios de la red.
- ✓ Mitigación de la Demora por Cola: la optimización de las fases eliminó por completo los retardos adicionales generados por la fricción interna de los vehículos en cola. Los accesos transversales EBT y WBT redujeron sus demoras por cola de 1.5 y 0.3 segundos por vehículo a cero, logrando una optimización absoluta del 100%. De igual manera, en la vía principal, el acceso SBT redujo su demora de 1.2 segundos a cero alcanzando un 100% de mejora, a la vez que el acceso NBT mantuvo su eficiencia óptima registrando cero demoras.
- ✓ Normalización del Índice de Paradas: La probabilidad de detención de los conductores frente a la intersección disminuyó favorablemente. En la sección transversal, el acceso WBT redujo su índice a 0.37 logrando un 51% de mejora, a la par que el acceso EBT registró un ajuste situándose en 0.88 con un 1% de progreso. En el corredor principal, la continuidad de marcha evidenció una agilización notable al reducir el índice a 0.47 en el acceso SBT alcanzando un 18% de optimización, y a 0.38 en el acceso NBT consolidando un 49% de mejora garantizando que los conductores logren cruzar en su inmensa mayoría, durante su primer ciclo verde sin detenerse.

4.2.4.11 Conclusión de la fase Implementar

La culminación de la fase de Implementar de la metodología DMAIC evidencia un éxito técnico y operativo de la propuesta de reingeniería vial para la intersección de la Avenida Camaná y C. Cayma. El proceso de diseño, estructurado sobre la externalización de maniobras conflictivas y simulado mediante el software Synchro V12, demostró que la optimización del control semafórico reducción de cuatro a dos fases era la solución a la problemática díagnosticada, descartando la necesidad de intervenciones estructurales de alto costo, como la expropiación o la expansión física de carriles, además , la evaluación rigurosa y contrastada de las cuatro dimensiones críticas de calidad (CTQs) arroja los siguientes veredictos resolutivos:

- En Movilidad y Calidad del Servicio: Se eliminó el colapso funcional, la intersección salió del crítico Nivel de Servicio F, las demoras de control se redujeron en más del 92% y los usuarios recuperaron un tiempo de viaje fluido y predecible.
- En Eficiencia Operativa: Al corregir la asfixia temporal duplicando la proporción de verde efectivo Ratio g/C, esta optimización del derecho de paso no solo liberó más de un 35% de capacidad geométrica residual ICU, sino que desplomó el consumo de combustible y las emisiones de monóxido de carbono (CO) en proporciones superiores al 80%, garantizando la sostenibilidad económica y ambiental del nodo.
- En Seguridad Operacional: El riesgo físico derivado del congestionamiento crónico fue neutralizado. Las colas del percentil 95, que superaban los 100 metros y funcionaban como barreras móviles, fueron reducidas a su mínima expresión. Asimismo, la tasa de saturación v/c se estabilizó por debajo del umbral de falla 1.0 y el fenómeno de bloqueo por Spillback fue mitigado al 100%.

Por consiguiente, se concluye que el modelo propuesto es altamente viable y resuelve de raíz las causas de la deficiencia del tránsito vehicular. No obstante, para garantizar que los estándares de eficiencia, fluidez y seguridad alcanzados en la micro simulación se sostengan a

largo plazo tras su ejecución física, resulta imperativo establecer lineamientos de monitoreo continuo, planes de señalización, entre otros.

4.2.5 CONTROLAR

4.2.5.1 Plan de Señalización y Seguridad Vial

La viabilidad técnica del modelo de dos fases, comprobada en la simulación, depende enteramente de que los usuarios respeten la nueva geometría de circulación con la externalización de giros. Para garantizar este comportamiento y evitar el error humano usando el principio del Poka-Yoke, el diseño de la señalización se fundamenta en los criterios de vías auto explicativas del Manual de Seguridad Vial y se rige bajo los parámetros legales del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (RD N° 26-2024-MTC/18).

4.2.5.1.1 Señales Horizontales

- MARCAS PLANAS EN EL PAVIMENTO
    - ✓ Línea de borde de calzada: Según el manual, se establece marcar con una línea amarilla continua los bordes de la calzada, cubriendo además la cara exterior y el borde superior de los sardineles o veredas. El documento normativo precisa que esta señalización se ejecuta con el propósito de designar las zonas con prohibición de estacionamiento, exigiendo que dicha marca se refuerce mediante la instalación de demarcadores elevados o tachas en su parte exterior. Es por eso que para la zona de estudio en el distrito de Majes se plantea el pintado de esta línea amarilla continua y la colocación de tachas reflectivas en los bordes de la calzada de la Avenida Camaná, la Calle Cayma, la Calle Castilla, la Calle Tiabaya y la calle sin nombre. Con esta medida, el proyecto asegura que los márgenes de la vía permanezcan totalmente libres de vehículos

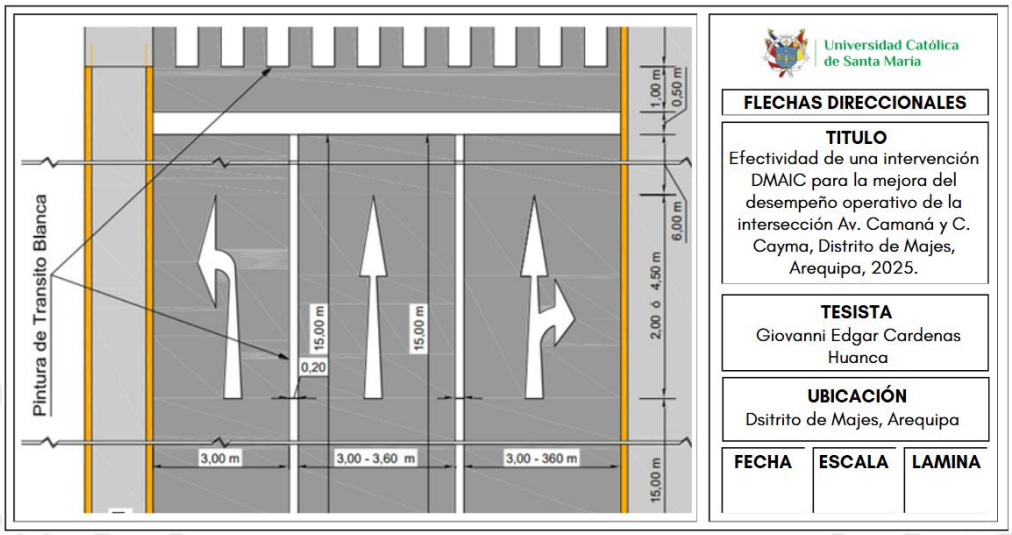
detenidos, garantizando que el ancho de la sección transversal se utilice exclusivamente para la circulación fluida diseñada en la fase Implementar.

- ✓ Línea central y separadora de carril: En el manual se establece que las marcas longitudinales deben organizar los flujos vehiculares mediante códigos de color y patrones de trazado específicos. El documento normativo indica que se debe emplear pintura blanca para separar carriles que circulan en una misma dirección y pintura amarilla para delimitar sentidos opuestos. Además, precisa que el uso de líneas discontinuas permite la maniobrabilidad, mientras que las líneas continuas se deben ubicar en las aproximaciones a las intersecciones para prohibir el cambio de carril y reducir conflictos. Es por eso que para la zona de estudio se plantea una demarcación diferenciada según la operatividad de cada vía. En la Avenida Camaná, se instalarán líneas de color blanco con un patrón discontinuo en los sectores medios para facilitar la distribución del tráfico, las cuales transicionarán a líneas continuas al llegar a los extremos de la intersección con el fin de evitar que los conductores realicen cambios de carril peligrosos antes del semáforo. Del mismo modo, para la Calle Castilla, la Calle Cayma y el sector oeste de la Calle Tiabaya, se aplicará la línea de color amarillo para separar los flujos de circulación. Sin embargo, en el tramo correspondiente de la Calle Tiabaya que ha sido diseñado para operar en un solo sentido, la demarcación central será de color blanco. Con esta medida, el proyecto garantiza que la señalización horizontal refleje exactamente el sentido de circulación de cada calle, mejorando así la seguridad y el orden vehicular del distrito de Majes.

- ✓ Flechas de dirección: Se dispone la obligación de demarcar sobre la superficie de rodadura flechas de dirección para indicar a los conductores los movimientos permitidos o obligatorios desde cada carril de aproximación; puesto que el reglamento establece que esta señalización horizontal se instala para encauzar con antelación el flujo de vehículos, eliminando la indecisión sobre qué camino tomar y evitando maniobras imprudentes de último momento que puedan poner en riesgo la seguridad en el cruce vial. Es por eso que para la zona de estudio se plantea la aplicación de esta simbología técnica sobre el pavimento de la Avenida Camaná para organizar sus dos carriles operativos de forma eficiente. En ese sentido, se pintarán flechas que indiquen con claridad la continuidad del flujo directo y los giros autorizados hacia las calles transversales, permitiendo una segregación del tráfico acorde a la capacidad de la vía. De igual manera, esta demarcación se extenderá a la Calle Cayma, la Calle Castilla , calle Tiabaya y la calle S/N para consolidar el ordenamiento de los flujos de acuerdo con la nueva reingeniería del tránsito en el distrito de Majes, asegurando que cada unidad vehicular ocupe el carril correcto antes de efectuar su desplazamiento a través de la intersección

Figura 248

Dimensiones flechas de dirección de carril propuesto



Nota. Se muestra las dimensiones de las flechas de dirección de carril propuesto, Fuente: manual de dispositivos de control de tránsito Fuente: MTC (2024).

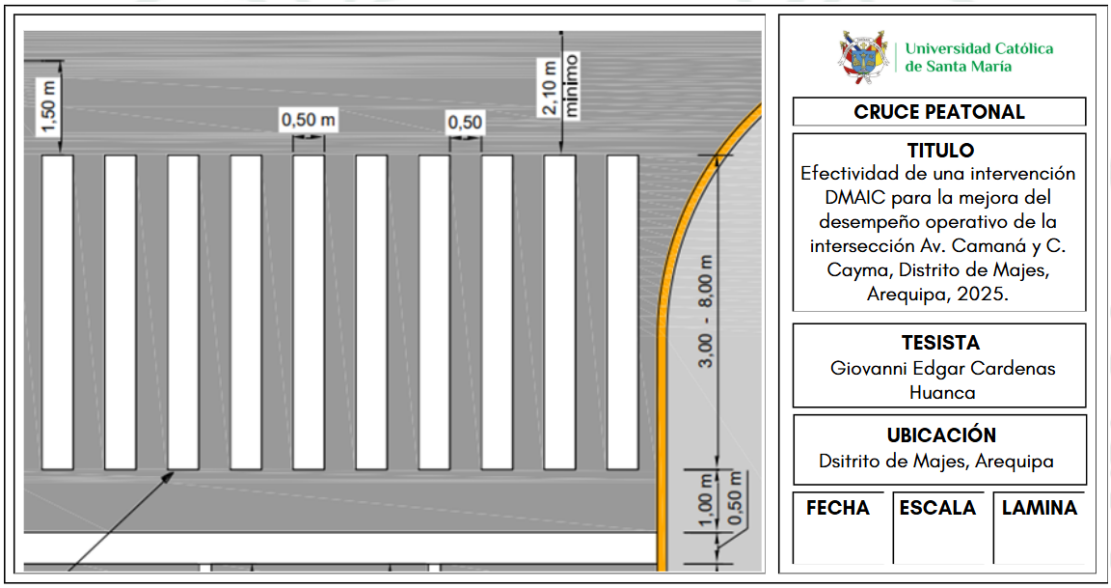
- ✓ Cruce peatonal: Se establece la obligatoriedad de demarcar los pasos peatonales mediante el uso de franjas longitudinales paralelas al flujo vehicular, conocidas técnicamente como tipo cebra. El documento normativo precisa que este diseño se emplea para maximizar el contraste visual y definir la zona de prioridad absoluta para el transeúnte, fijando medidas estandarizadas de cincuenta centímetros de ancho para cada franja y un espaciamiento idéntico entre ellas sobre la superficie de rodadura tal como se ve en la figura 247.

  Es por eso que para la zona de estudio se plantea la implementación técnica de estos cruceros en la totalidad de los extremos de cada cuadra que conforma la intersección. En ese sentido, se aplicarán las dimensiones de ancho y separación dictadas por la normativa nacional al final e inicio de cada bloque de la Avenida Camaná, la Calle Cayma, la Calle Castilla, la Calle Tiabaya y la calle sin nombre. Al integrar estas medidas oficiales en cada punto de confluencia, el

proyecto garantiza una infraestructura urbana segura en el distrito de Majes, obligando a los conductores a detenerse antes del área de conflicto y salvaguardando la integridad física de los usuarios vulnerables.

Figura 249

Dimensiones ancho de líneas cebra propuesto



Nota. Se muestra las dimensiones del ancho de líneas cebra propuestas, Fuente: manual de dispositivos de control de tránsito Fuente: MTC (2024).

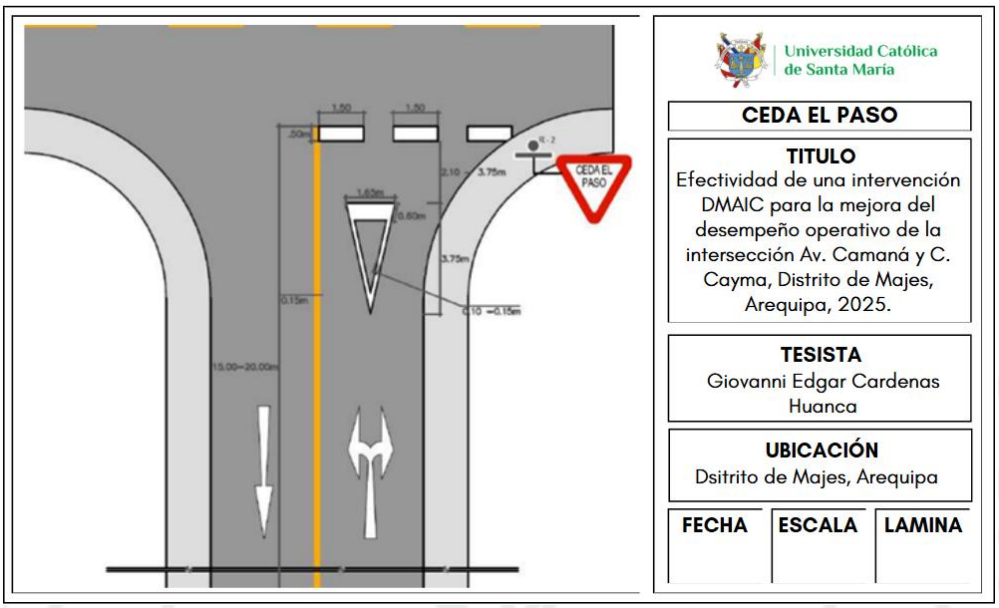
- ✓ Línea de parada o detención: Se establece la obligatoriedad de trazar la línea de parada o detención como una marca transversal continua de color blanco sobre la superficie de rodadura. El documento técnico precisa que esta señalización se utiliza con la finalidad de indicar a los conductores el límite exacto donde deben detener la marcha frente a una fase roja del semáforo o una indicación de detención, garantizando que la unidad vehicular no invada el área destinada al cruce peatonal ni obstruya la visibilidad de otras corrientes de tránsito. Es por eso que para la zona de estudio se plantea la ejecución de estas líneas de

detención en cada uno de los accesos de la Avenida Camaná, la Calle Cayma, la Calle Castilla y la Calle Tiabaya. Su ubicación se proyectará respetando la distancia normativa de seguridad previa a las franjas tipo cebra que ya hemos descrito, consolidando así un entorno de orden y protección absoluta hacia el transeúnte en la intersección intervenida en el distrito de Majes. Mediante esta marca en el pavimento, se elimina la ambigüedad en el frenado y se refuerza la disciplina operativa lograda con la nueva semaforización.

- OTRAS DEMARCACIONES
  - ✓ Señal de Ceda el Paso: Se establece la demarcación de la señal de Ceda el Paso sobre la superficie de rodadura mediante el uso de un triángulo de color blanco con el vértice orientado hacia el vehículo que se aproxima. El documento normativo precisa que este símbolo horizontal se utiliza con el propósito de advertir al conductor sobre la prioridad de paso de la vía transversal, obligándolo a reducir la velocidad y detenerse únicamente si existe un flujo vehicular o peatonal que impida una incorporación segura. Es por eso que para la zona de estudio se plantea el pintado de estas señales horizontales en puntos estratégicos para regular las transiciones de flujo dentro del distrito de Majes. En ese sentido, se ejecutará la demarcación técnica en la entrada y salida del segmento central de la Calle Castilla ubicado entre la Avenida Camaná, así como en los puntos de cruce de la Calle Cayma para advertir la prelación de paso. Al implementar esta simbología directamente sobre el asfalto, el proyecto garantiza que los conductores identifiquen visualmente la jerarquía vial desde su propio carril, optimizando la seguridad en las maniobras de inserción y salida del nodo intervenido.

Figura 250

Dimensiones y características de pintado de ceda el paso



Nota. Se muestra las señales de prioridad propuestas, Fuente: manual de dispositivos de control de tránsito Fuente: MTC (2024).

4.2.5.1.2 Instalación de reductor de velocidad

Reductor de velocidad tipo resalto de sección circular: Según la Directiva 01-2011-MTC/14 del manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se establece la implementación del resalto como un dispositivo estructural fijo que consiste en la elevación transversal de la calzada en una sección determinada de la vía. El documento normativo indica que este elemento tiene la función de reducir la velocidad de operación de los vehículos motorizados al ingresar a una zona de conflicto, asegurando que circulen con una velocidad controlada para disminuir los riesgos de accidentalidad. Asimismo, la norma precisa que estos dispositivos solo deben instalarse en tramos que atraviesan zonas urbanas donde la velocidad de operación sea igual o menor a 50 km/h.

Por eso, para la zona de estudio se plantea la construcción de un reductor de velocidad de sección circular en la Avenida Camaná, específicamente en los tramos de aproximación al

cruce con la Calle Castilla. Debido a la configuración de 2 carriles, este dispositivo resulta indispensable para obligar al flujo vehicular a aminorar la marcha antes de llegar a la intersección, facilitando así la seguridad en las maniobras de giro y el paso de los transeúntes en el distrito de Majes.

En cuanto a sus especificaciones técnicas, según el manual se establece que el resalto de sección circular debe tener una elevación máxima de 10 cm y una mínima de 7 cm para cumplir su propósito sin ocasionar daños a los vehículos. Además, la norma exige que el dispositivo sea identificado con colores que contrasten con la calzada, siendo obligatorio el uso de franjas díagonales alternadas de color negro y amarillo con un ancho de 30 o 50 cm y una inclinación de 45 grados hacia ambos lados.

Figura 251

Radios y Longitudes para resalto de sección circular

Velocidad Esperada (Km/h)	Radio (m)	Longitud de Cuerda (m)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	15	3.5	10
30	20	4.0	15
35	31	5.0	20
40	53	6.5	25
45	80	8.0	30
50	113	9.5	35

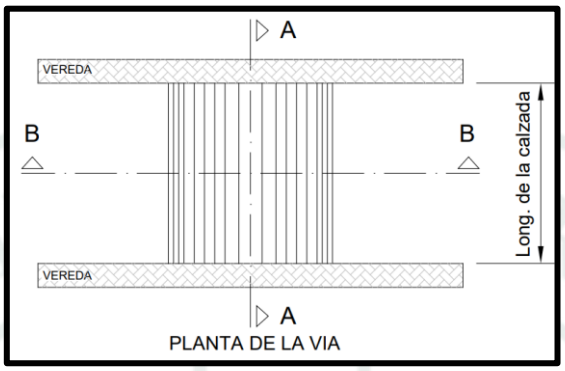
Nota. Se muestra los ratios y longitudes para resalto de sección circular, Directiva Nº 01- 2011-MTC/14 Fuente: MTC (2024).

Por tal motivo, para el proyecto en la Avenida Camaná se contempla una velocidad de espera de 30 Km/h por lo que se propone un diseño con una altura de 10 cm y el acabado cromático reglamentario en negro y amarillo, contemplando las dimensiones según el manual. Con esta intervención técnica, se asegura una reducción efectiva de la velocidad y se consolida un entorno vial mucho más seguro para todos los usuarios externalizados del nodo intervenido.

A continuación, se presenta la vista en panta del reductor con sus respectivos cortes.

Figura 252

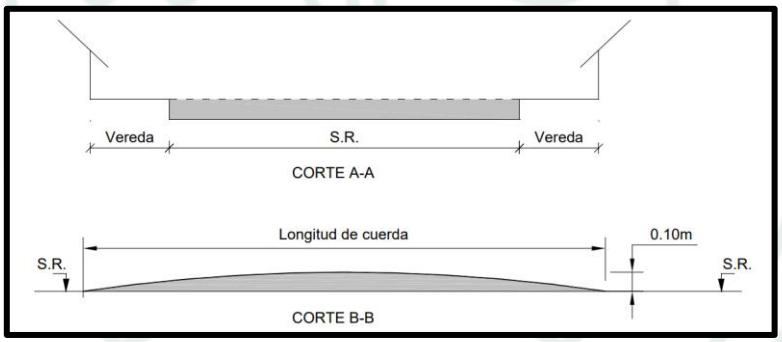
Vista en planta y cortes de resalto de sección circular



Nota. Se muestra la vista en planta y cortes de resalto de sección circular, Directiva Nº 01-2011-MTC/14 Fuente: MTC (2024).

Figura 253

Corte A-A y B-B de resalto de sección circular

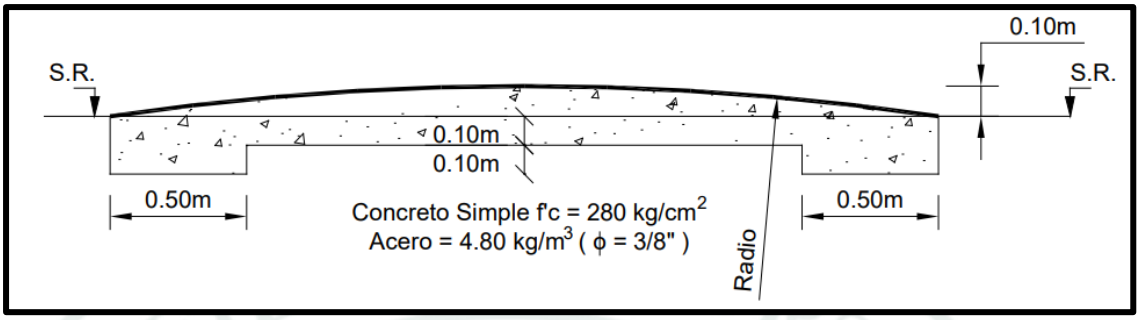


Nota. Se muestra los cortes A-A y B-B de resalto de sección circular Directiva Nº 01- 2011-MTC/14 Fuente: MTC (2024)

De forma complementaria se presenta las características técnicas con las que tiene que cumplir dicho resalto, se plantea que este sea de concreto PORTLAND

Figura 254

Características técnicas de resalto de sección circular

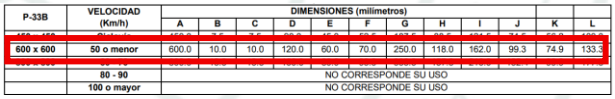


Nota. Se muestra las características técnicas de resalto de sección circular Directiva Nº 01-2011-MTC/14 Fuente: MTC (2024).

El reductor de velocidad debe complementarse con la implementación de señales verticales preventivas.

Tabla 39

Señal preventiva propuesta para el resalto

SEÑAL	DIMENSION SEGÚN MANUAL
 P-33B 	

P-33B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	120.0	60.0	70.0	250.0	118.0	162.0	99.3	74.9	133.3
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO											
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO											

Nota. Se muestra las señales preventivas propuestas, adaptado del manual de dispositivos de control de tránsito, Fuente: MTC (2024).

Es por eso que para la zona de estudio se plantea la instalación de la señal vertical de ubicación P-33B en el punto exacto donde se construirá el resalto circular en la Avenida Camaná.. Con esta intervención en el distrito de Majes, el presente proyecto garantiza que los usuarios identifiquen el reductor de velocidad con la anticipación segura y necesaria,

permitiendo una desaceleración controlada y eliminando el riesgo de maniobras evasivas o daños mecánicos al momento de trasponer el resalto.

4.2.5.1.3 Señales verticales

Para que estos elementos cumplan su función ordenadora de manera eficaz, deben satisfacer exigencias físicas y operativas de alto rigor. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el año 2024 especifica que el principio básico radica en garantizar una visibilidad y comprensión total del mensaje bajo cualquier factor climático o lumínico. Por tal motivo, la normativa exige el empleo de láminas reflectivas de alta tecnología, permitiendo que el conductor asimile la instrucción visual con la anticipación necesaria para maniobrar sin riesgo tanto en horarios diurnos como nocturnos.

Asimismo, en lo que respecta a sus proporciones geométricas, el mismo manual dictamina que el tamaño de los paneles guarda una dependencia directa con la velocidad de diseño de la vía y su contexto territorial. Dado que la intervención se sitúa en una zona urbana del distrito de Majes, se aplicarán las medidas estandarizadas para áreas de velocidad restringida, mitigando de este modo la contaminación visual del paisaje. De igual manera, la cimentación de los soportes deberá respetar estrictamente los márgenes de retiro lateral y las alturas libres mínimas. De este modo se asegura que los postes no obstaculicen la movilidad peatonal.

- SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN

    - ✓ Señales de prioridad: Según el manual, estas señales establecen el derecho de paso ineludible en zonas de convergencia vehicular. Por consiguiente, para salvaguardar la operatividad del rediseño, se instalará la señal de Ceda el Paso

clasificada como R-2 en ambos sentidos de la salida de la Calle Castilla, ubicándose específicamente para los flujos que se encuentran en la alameda. Su objetivo técnico es regular los giros externalizados, obligando a los conductores a disminuir su velocidad y ceder el paso a los vehículos que circulan por la Avenida Camaná. Adicionalmente, el manual indica las proporciones del panel función a la velocidad de operación de la vía. Por tal motivo, se adoptarán las dimensiones reglamentarias tal como se muestra en la tabla N°40

Tabla 40

Señales de prioridad propuestas

SEÑAL		DIMENSION SEGÚN MANUAL
	R-2	

R-2	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	36.0	12.0	13.8	45.0	22.5	100.0	60.0
600 x 600	50 o menor	600.0	48.0	16.0	18.4	60.0	30.0	133.3	80.0
800 x 800	60 - 70	800.0	64.0	21.3	24.5	80.0	40.0	177.7	106.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	80.0	26.7	30.7	100.0	50.0	222.2	133.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO							

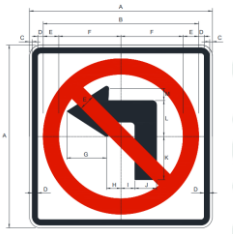
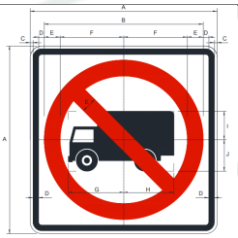
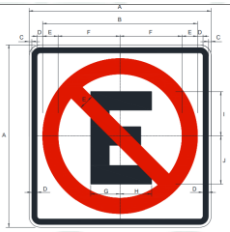
Nota. Se muestra las señales de prioridad propuestas, Fuente: manual de dispositivos de control de tránsito MTC 2024.

- ✓ Señales de prohibición: Según el manual, este subgrupo normativo restringe acciones complementarias que comprometen la capacidad instalada de la infraestructura. Por consiguiente, en la nueva vía habilitada al norte de la Calle Cayma, cuya sección transversal es sumamente reducida, se instalará la señal de Prohibido Circulación de Vehículos de Carga codificada como R-19 junto con la señal de Prohibido Detenerse bajo el código R-28, mitigando así cualquier obstrucción severa del flujo. Asimismo, ante la actual inexistencia de

regulaciones de parqueo, se plantea disponer la señal de Prohibido Estacionar identificada como R-27 en la cuadra anterior al ingreso de la intersección. Esta medida abarcará ambos sentidos tanto de la Avenida Camaná como de la Calle Cayma, garantizando la liberación total de los carriles de aproximación. Finalmente, en los puntos críticos de convergencia vehicular de la C. Cayma se colocará la señal de Paradero Prohibido con la nomenclatura R-44. Su objetivo técnico es evitar que las unidades de transporte generen colas o bloqueos físicos

Tabla 41

Señales de prohibición propuestas

SEÑAL	DIMENSION SEGÚN MANUAL
 R-6	
 R-19	
 R-44	
 R-27	
 R-28	

R-6	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	130.0	46.9	46.0	70.8	141.6	117.7	39.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	216.7	78.2	76.7	118.0	236.0	196.2	66.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	260.0	93.9	92.0	141.6	283.2	235.5	79.5

R-19	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	127.3	160.8	90.9	100.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	212.2	268.0	151.6	167.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	254.7	321.6	181.9	200.5

R-44	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	107.9	123.9	158.9	51.0
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	179.8	206.5	264.8	85.0
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	215.8	247.8	317.8	102.0

R-44	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)			
		K	L	M	N
900 x 600	50 o menor	93.7	50.0	75.0	231.7
1500 x 1000	80 - 90	156.2	83.3	125.0	386.2
1800 x 1200	100 o mayor	187.4	100.0	150.0	463.4

R-27	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	50.9	204.0	96.8	103.6	146.1	158.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	84.9	340.0	161.3	172.7	243.5	263.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-28	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	500.0	14.0	18.0	51.0	95.0	101.7	143.3	155.0
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	833.3	23.3	30.0	85.0	158.3	169.5	238.8	258.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-28	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)				
		K	L	M	N	O	P
900 x 600	50 o menor	48.0	100.0	50.0	75.0	94.9	241.1
1500 x 1000	80 - 90	80.0	166.7	83.3	125.0	158.2	401.8
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

Nota. Se muestra las señales de prohibición propuestas, Fuente: manual de dispositivos de control de tránsito MTC 2024.

- ✓ Señales de restricción: Según el manual, esta categoría de dispositivos establece límites operativos ineludibles sobre el flujo vehicular, regulando parámetros críticos para salvaguardar la integridad de los usuarios. Por lo tanto, ante la reestructuración geométrica que posibilitó un carril vehicular dentro de la vía peatonalizada, es imperativo evitar cualquier riesgo de accidente con los transeúntes. En ese sentido, se dispone la instalación de la señal de Velocidad Máxima bajo la codificación R-30, la cual se plantea imponer un límite estricto de 20 km/h a lo largo de dicho tramo de coexistencia. De esta manera, al aplicar la restricción de velocidad se garantiza una interacción segura entre la movilidad peatonal y el tránsito automotor.

Tabla 42

Señales de restricción propuestas

SEÑAL		DIMENSION SEGÚN MANUAL
	R-30	

R-30(1)	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	120.0	60.0	40.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	200.0	100.0	66.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

R-30(1)	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		J	K	L	M
600 x 600	50 o menor	52.0	42.5	161.5	74.0
1000 x 1000	80 - 90	86.7	70.8	269.2	123.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

Nota. Se muestran las señales de prohibición propuestas, adaptadas del manual de dispositivos de control de tráfico MTC 2024.

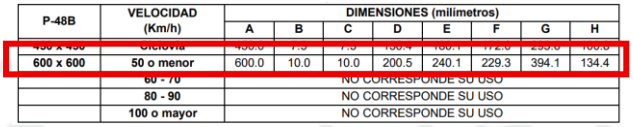
- SEÑALES PREVENTIVAS

Según el manual, el subgrupo en cuestión tiene la función esencial de alertar a los conductores sobre condiciones físicas o dinámicas particulares de la infraestructura. Por tal razón, con el objetivo de resguardar la integridad de los transeúntes en el nodo vial intervenido, se dispone la instalación de la señal de cruce peatonal catalogada bajo el código P-48B. Su ubicación estratégica en las aproximaciones a los puntos de interacción peatonal es vital para

alertar al flujo automotor sobre la presencia inminente de usuarios vulnerables sobre la calzada. De este modo, se induce una reducción cautelar de la velocidad y se garantiza el respeto hacia las zonas de paso.

Tabla 43

Señales preventivas propuestas

SEÑAL	DIMENSION SEGÚN MANUAL
 P-48B 	

P-48B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	200.5	240.1	229.3	394.1	134.4
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO							
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO							
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO							

Nota. Se muestra las señales preventivas propuestas, Fuente: manual de dispositivos de control de tránsito MTC 2024.

- SEÑALES INFORMATIVAS

A diferencia de las señales destinadas a restringir o advertir peligros, el manual señala que la función de este bloque es netamente orientadora. En el contexto de la intersección rediseñada, se plantea la instalación de la Señal Paradero de Buses bajo de código I-6. Con la instalación de estos paneles en zonas de abordaje existentes y que ya cuentan con infraestructura, se logra un doble beneficio operativo. Por un lado, los transeúntes conocen plenamente los puntos oficiales de espera, congregándose de forma segura. Por otra parte, obliga a los transportistas a limitar sus paradas a estos lugares, prohibiendo las paradas intempestivas en el centro de la carretera. De este modo, los carriles principales se ven libres de bloqueos constantes y se preserva la marcha ininterrumpida de los vehículos.

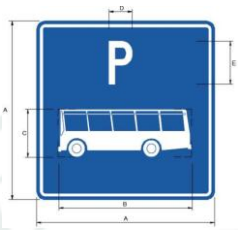
Tabla 44

Señales informativas propuestas

SEÑAL	DIMENSION SEGÚN MANUAL



I-6



I-6	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		A	B	C	D	E
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	120.9	80.8	105.0
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	161.2	107.7	140.0
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	214.9	143.6	186.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	268.7	179.5	233.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	322.4	215.4	279.0

Nota. Se muestran las señales informativas propuestas, adaptadas del manual de dispositivos de control de tránsito MTC 2024.

4.2.5.2 Control de Indicadores

- Demora de control: Se debe asumir un valor máximo admisible de 55 segundos por vehículo. Esta métrica se justifica ya que representa exactamente el umbral entre un flujo normal y un tráfico inaceptable, asegurando que el usuario no pase por demoras demasiado largas para cruzar la intersección.
- Paradas totales e índice de paradas: Se fija un índice de 0.8 máximo admisible equivalente al 85% del volumen vehicular que ingresa a la intersección. Este techo se plantea con la finalidad de que una proporción importante de usuarios logre cruzar el nodo vial sin registrar detenciones absolutas, optimizando la continuidad del tránsito y disminuyendo el consumo de combustible y las emisiones en la zona de estudio.
- Tiempo de viaje: Se adopta un límite admisible de 80 segundos para recorrer completamente toda el área intervenida contemplando el tiempo de movimiento libre más la demora de control. La razón principal para establecer esta restricción es garantizar que ningún conductor quede atrapado durante un período largo que supere un ciclo semafórico completo, manteniendo así la eficiencia operativa del

diseño propuesto.

- Ratio g/c: Se establece un tope máximo admisible de 0.60 para la fase semafórica principal. El objetivo de limitar esta proporción de tiempo verde efectivo con respecto al ciclo total es conseguir un reparto equitativo del derecho de paso. Darle un valor mayor, monopolizaría el cruce para la Avenida Camaná, generando tiempos en rojo excesivos para las calles transversales y desencadenando un aumento crítico de las colas de espera en éstas.
- ICU/capacidad: Se determina un umbral máximo de utilización de la intersección al 85%. Este índice debe ser controlado, puesto que se requiere reservar un mínimo del 15% de la capacidad total, con el fin de absorber las variaciones repentinas del flujo y ajustar los tiempos de despeje semafórico; cuando esto sucede, es porque los vehículos críticos están utilizando prácticamente todo el espacio y tiempo disponible para sus movimientos; esto incrementa exponencialmente el riesgo de bloqueos cruzados, haciendo que la red vial del distrito de Majes pierda su resiliencia.
- Longitud de cola 95th: Se establece un máximo de 60 metros por carril, puesto que este indicador evalúa el escenario más crítico del tráfico, esto asegura que, durante el 95% de los ciclos semafóricos, la fila de vehículos no supere el espacio físico de almacenamiento de la cuadra, evitando el colapso de las vías adyacentes ante picos repentinos de demanda.
- Tasa de saturación v/c: Se asume un umbral máximo admisible de 0.90 para cada grupo de carriles. Este parámetro exige que ningún movimiento direccional individual supere el 90% de su capacidad específica, previniendo que giros críticos o carriles directos se conviertan en cuellos de botella aislados que degraden el nivel de servicio de toda la intersección.

- Spillback: Se fija un límite estricto de 0% de tolerancia u ocurrencias permitidas. La necesidad de prohibir absolutamente el retroceso de colas radica en que este fenómeno bloquea físicamente las intersecciones ubicadas aguas arriba, desencadenando un colapso en cadena en la red urbana que paralizaría por completo el tránsito en la zona de estudio.
- Nivel de servicio: Se establece como límite máximo tolerable el Nivel de Servicio D. La justificación de la adopción de esta medida radica en que representa la frontera operativa de flujo estable en vías urbanas. Aceptar categorías inferiores implica entrar en condiciones de congestión severa, flujo forzado y tiempos de espera inaceptables para los usuarios de la intersección.

4.2.5.3 Cierre de la intervención

La última etapa de la intervención DMAIC requiere verificar que se cumplan las metas métricas establecidas al inicio de la investigación. El trabajo realizado en la intersección de Av. Camaná con C. Cayma, muestra claramente que la reingeniería geométrica y la mejora de los dispositivos de control logran reducir mucho la variabilidad del flujo vehicular. Los tiempos de espera bajaron en los resultados de la simulación y la demora de control siempre estuvo por debajo del límite máximo de 55 segundos por vehículo en los escenarios de mayor demanda.

Se observa que, al comparar los principales indicadores iniciales del escenario base con el desempeño de la propuesta, el sistema opera con un nivel de servicio superior al D y está totalmente garantizado; se evidencia que la vía se mantiene con un nivel de saturación estable y un margen de seguridad superior al 10 %; esto garantiza que la relación entre el volumen y la capacidad no supere nunca el límite de 0.90 en las condiciones de tránsito estudiadas; de esta forma, la propuesta de mejora deja de ser un modelo teórico y se convierte en una solución comprobada en la práctica. Esto permite que el distrito de Majes cuente con un entorno de

movilidad seguro y fluido en las operaciones de su red vial urbana.

4.2.5.4 Lecciones Aprendidas

El proyecto demostró contundentemente que la congestión vehicular puede ser auditada y resuelta bajo los mismos estándares de máxima exigencia de la manufactura industrial, puesto que, la aplicación de la metodología DMAIC permitió redefinir la ineficiencia del tránsito vehicular, ya no visto como una mera falta de espacio sino como un defecto de proceso susceptible de cuantificación, es por ello que esta innovación metodológica deja la lección de que la gestión operativa de una intersección crítica no debe basarse en estimaciones empíricas, sino, mas bien en un análisis causa efecto que permite atacar la raíz exacta del embotellamiento vial.

El rediseño de la intersección demostró que la solución al colapso no está en complejizar el controlador con múltiples luces, sino en simplificar drásticamente la geometría de la vía. Al lograr reducir los puntos de interacción vehicular de 34 a 16, se comprobó que restringir los movimientos de cruce es el paso obligatorio antes de programar cualquier tiempo de paso. Esta limpieza física del nodo fue precisamente lo que permitió establecer un sistema de solo 2 fases, duplicando el tiempo de verde efectivo y reduciendo las demoras en más del 85%.

El desarrollo del proyecto rompió la creencia empírica de que la vía óptima es aquella que se utiliza en su totalidad, pues en la fase de Mejora se comprobó que el verdadero éxito técnico radica en blindar la intersección frente a la saturación repentina fijando el índice de utilización en el exacto 64,2%; la investigación deja la lección estructural de que preservar un remanente operativo superior al 35% es innegociable. No se trata de un espacio perdido, sino del indispensable amortiguador dinámico que asegura la disipación inmedíata de las colas y evita el colapso sistémico ante cualquier fluctuación agresiva de la demanda vehicular.

Al final, la investigación dejó un hallazgo crítico sobre los beneficios colaterales. Optimizar la movilidad, no solo, favorece el tiempo de viaje del usuario, sino que genera un impacto positivo inmedíato en la ecología urbana del distrito de Majes. Al reducir las paradas completas y eliminar las largas esperas en cola, el modelo alcanzó una disminución del consumo de combustible de más del 70 %. Lo anterior es una evidencia científica de que una forma directa de reducir las emisiones contaminantes y lograr un desarrollo urbano sostenible es gestionando la eficiencia de la infraestructura vial.

.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 Efectividad de Intervención DMAIC

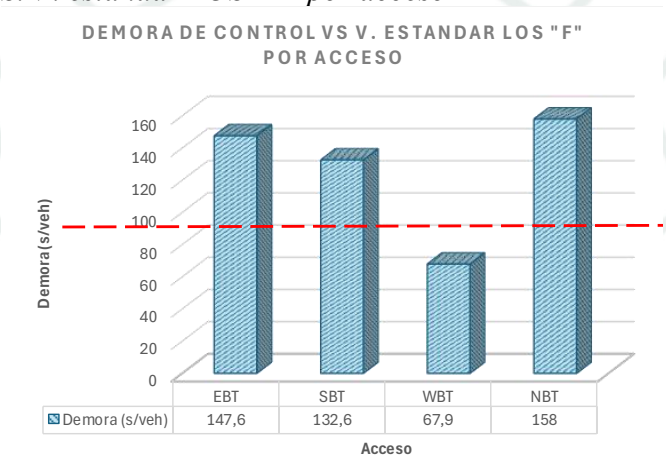
5.1.1 Diagnóstico del estado del desempeño operativo bajo los parámetros de control actuales de la intersección.

5.1.1.1 Desempeño macroscópico

- Demora de control (s/veh): Los resultados de la simulación evidencian un estado de colapso en el sistema vial analizado. En el Nodo 1, el acceso Este EBT) presenta una demora de 147.6 s/veh, mientras que el acceso Sur SBT registra 132.6 s/veh; por su parte, en el Nodo 2, el flujo Norte NBT alcanza el valor más crítico con 158.0 s/veh, estos valores superan drásticamente el umbral normativo de 80 segundos establecido por el HCM 2022 para el Nivel de Servicio LOS F, lo que indica que la infraestructura opera en condiciones de saturación donde los usuarios experimentan tiempos muertos excesivos que comprometen la movilidad del corredor. Solo el acceso Oeste WBT, con 67.9 s/veh, el cual se sitúa en un LOS E.

Figura 255

Demora de control VS. V. estándar LOS "F" por acceso

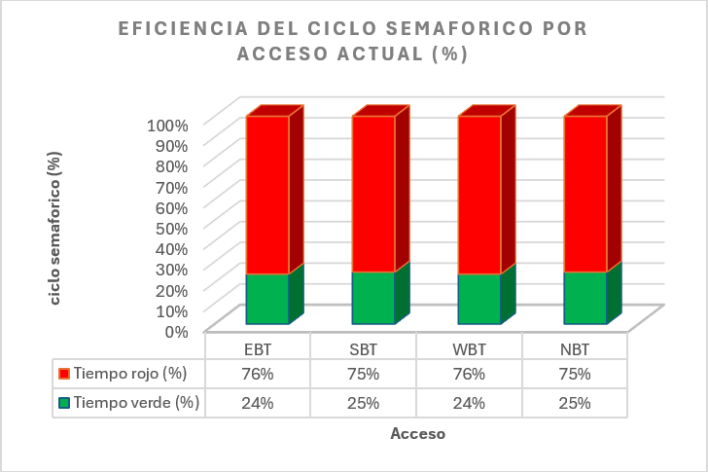


Nota. Se muestra gráficamente la demora de control VS el valor estándar del nivel de servicio F por acceso, Fuente: Elaboración propia.

- Ratio g/C (%): Como se puede observar en la Figura N°256, existe una homogeneidad negativa en la distribución del tiempo. Un ratio de 0.25 indica que cada uno de los accesos principales solo cuentan con el 25% del ciclo total para descargar el flujo acumulado, se percibe una falta de fase verde, donde el 75% del tiempo la infraestructura permanece en fase roja mientras la demanda crece exponencialmente. Esta restricción temporal es la causa raíz de la saturación, ya que la ventana de servicio es insuficiente para disipar las colas residuales del ciclo anterior.

Figura 256

Eficiencia del ciclo semafórico por acceso



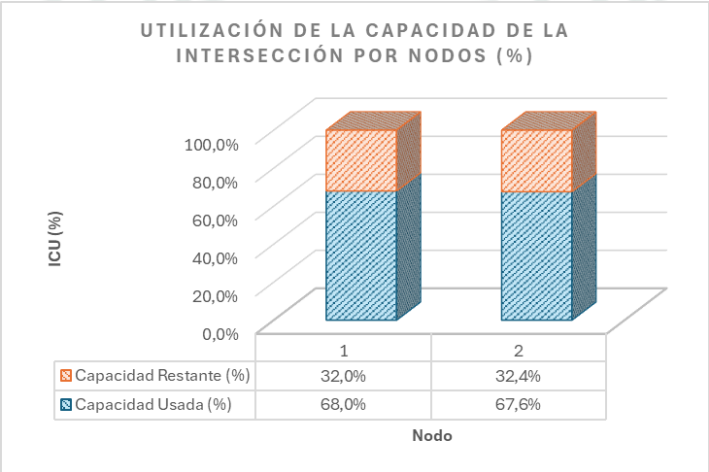
Nota. Se muestra gráficamente la eficiencia del ciclo semafórico por acceso, Fuente: Elaboración propia.

- ICU/ capacidad (%): El Nodo 1 opera con una utilización de capacidad del 68.0%, mientras que el Nodo 2 registra un 67.6%. Estos valores confirman que el colapso observado en la movilidad no es de carácter estructural, ya que existe un margen de capacidad geométrica residual superior al 32% en ambos nodos, estos datos justifican

que la solución debe centrarse en la optimización del control y no en la expansión de carriles ya que el ICU demuestra que aún existe un margen de capacidad geométrica residual.

Figura 257

Utilización de la capacidad de la intersección por nodos

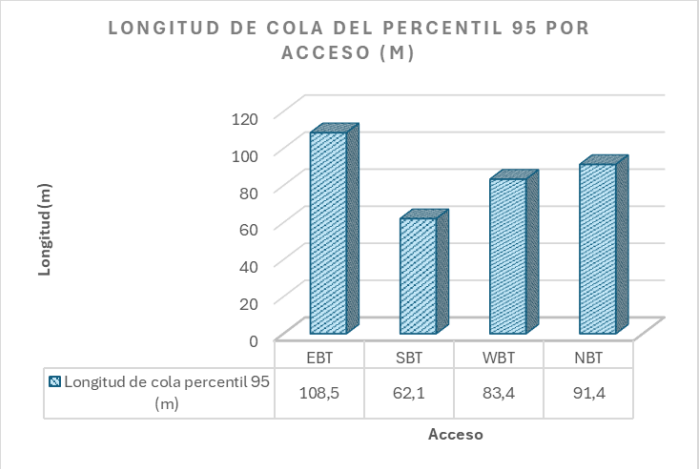


Nota. Se muestra gráficamente la utilización de la capacidad de la intersección por nodos, Fuente: Elaboración propia.

- Longitud de Cola 95th (m): En la Figura N°258 se aprecia que las colas proyectadas superan ampliamente los límites deseables para una operación segura. El acceso EBT alcanza una longitud de 108.5 metros, mientras que por otro lado el acceso NBT registra 91.4 metros; estas extensiones de cola no solo dificultan la visibilidad en el cruce, sino más bien que actúan como barreras físicas que impiden el acceso a predios laterales y calles secundarias, degradando la seguridad vial de todo el entorno comercial.

Figura 258

Longitud de cola del percentil 95 por acceso

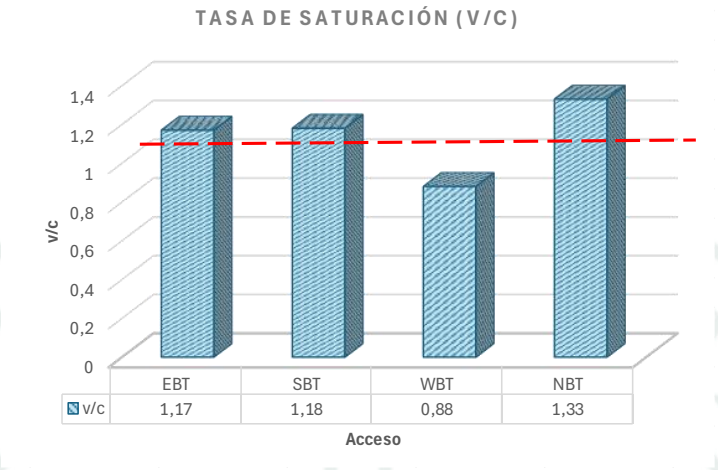


Nota. Se muestra gráficamente la longitud de cola del percentil 95 por acceso, Fuente: Elaboración propia.

- Tasa de Saturación (v/c): Como se puede observar en la FiguraN°259, la mayoría de los accesos operan en un estado de sobresaturación crítica. El acceso NBT presenta la situación más extrema con una ratio v/c de 1.33, lo que significa que la demanda es un 33% superior a la capacidad de evacuación del ciclo semafórico actual. Le siguen los accesos SBT con 1.18 (18% de exceso) y EBT con 1.17 (17% de exceso), confirmando que la intersección se encuentra en un estado de desbordamiento operativo donde las colas no logran disiparse completamente. Incluso el acceso WBT, con un valor de 0.88, refleja una saturación elevada cercana al límite físico de la vía, lo que en conjunto genera un escenario de inestabilidad del flujo e incrementa el riesgo de maniobras agresivas por parte de los conductores.

Figura 259

Tasa de saturación



Nota. Se muestra gráficamente la tasa de saturación V/C por acceso, Fuente: Elaboración propia.

- Nivel de Servicio (A-F): Tal como se muestra en la Tabla N°45, el desempeño global de la intersección se encuentra calificado con Nivel de Servicio F, exceptuando el acceso WBT el cual se encuentra en un nivel de propenso al colapso. Bajo los estándares del HCM 2022, estas letras representan el fallo funcional del sistema, caracterizado por flujos forzados, velocidades mínimas y tiempos de espera impredecibles. Casi ningún acceso logra salir de esta categoría, lo que valida la urgencia de aplicar la fase de MEJORAR de la metodología DMAIC.

Tabla 45

Nivel de servicio fase medir por acceso

Acceso	EBT	SBT	WBT	NBT
LOS	F	F	E	F

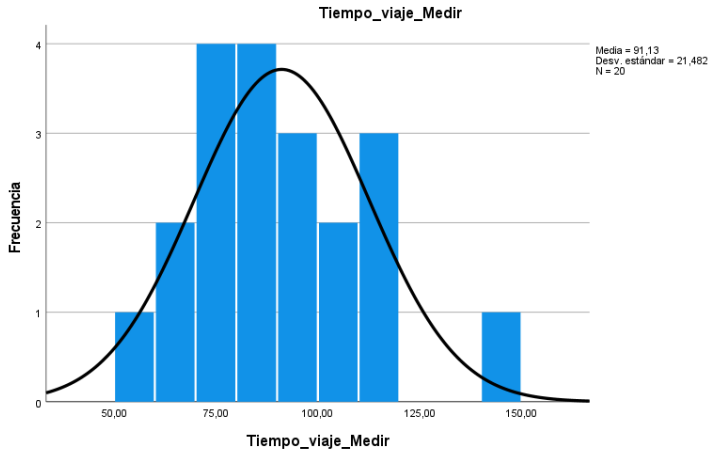
Nota. Se muestra el nivel de servicio obtenido por acceso, Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Desempeño microscópico

- Tiempo de viaje: El diagnóstico del escenario base revela una severa inestabilidad operativa en la intersección de la Av. Camaná y la C. Cayma. El análisis de frecuencias para el Tiempo de Viaje exhibe una media crítica de 91.13 horas, con una acentuada dispersión estadística reflejada en una desviación estándar de 21.482. Esta elevada fluctuación define un sistema impredecible y carente de fluidez que, en los picos de saturación, arrastra el tiempo de recorrido hasta un extremo máximo de 150 horas.

Figura 260

Histograma tiempo de viaje base

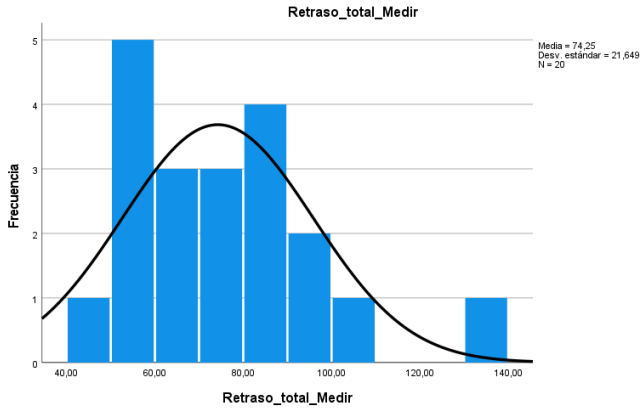


Nota. Se muestra el histograma de tiempo de viaje del escenario base, Fuente: Elaboración propia.

- Retraso total: El estudio confirma que la red vial está saturada; la distribución de los datos arroja una media crítica de 74,25 horas de demora acumulada, con una inestabilidad operativa acentuada reflejada en una desviación estándar de 21,649 horas, esta variabilidad provoca que la fricción vehicular se dispare hasta niveles máximos cercanos a las 140 horas en los escenarios de mayor saturación. El hecho de que se registren estos niveles tan punitivos de retraso demuestra que la intersección no es capaz de gestionar la demanda actual.

Figura 261

Histograma retraso total base

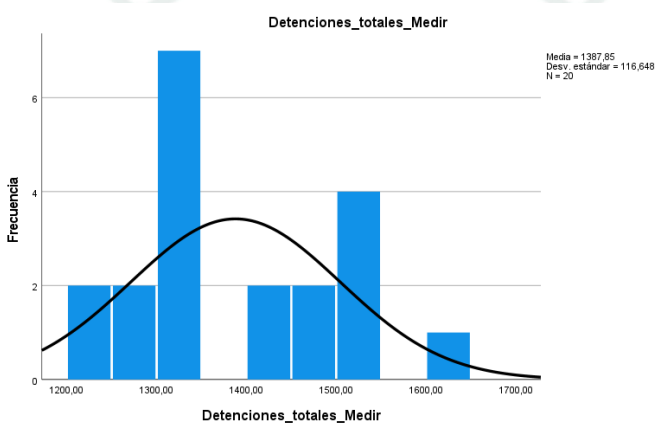


Nota. Se muestra el histograma de retraso total del escenario base, Fuente: Elaboración propia.

- Detenciones totales: El diagnóstico pone al descubierto la gravedad del fenómeno stop-and-go de la infraestructura. El sistema tiene una mediana crítica de 1387.85 paradas y una desviación estándar de 116.648. Esta marcada inestabilidad sujeta el tráfico a continuas interrupciones, que llegan hasta niveles máximos superiores a 1600 detenciones en situaciones de mayor demanda.

Figura 262

Histograma detenciones totales base

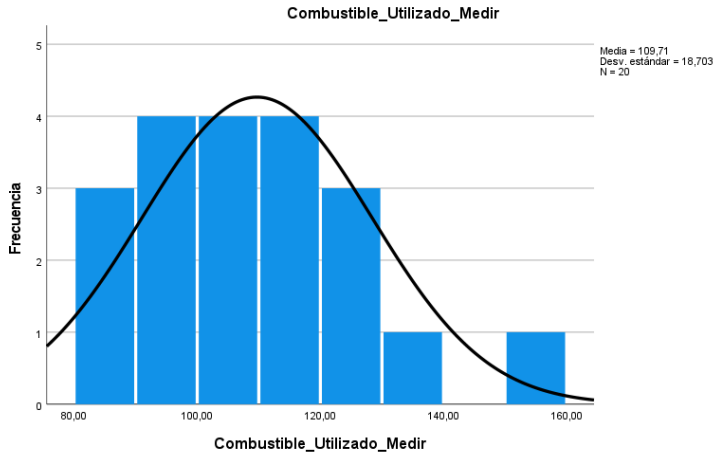


Nota. Se muestra el histograma detenciones totales del escenario base, Fuente: Elaboración propia.

- Combustible utilizado: El análisis refleja el elevado precio de la energía vinculado a la fricción de los vehículos en la red. El sistema utiliza una media de 109,71 litros con una gran variación (desviación estándar de 18.703 litros). Esta inestabilidad hace que el flujo sea menos eficiente. Eso hace que se eleve el consumo de combustible, llegando a picos cercanos a los 160 litros en los momentos de mayor atasco. Estos datos son los que reafirman que la configuración actual de los semáforos es poco eficiente en términos económicos teniendo un impacto directo en los costos operativos.

Figura 263

Histograma combustible utilizado base



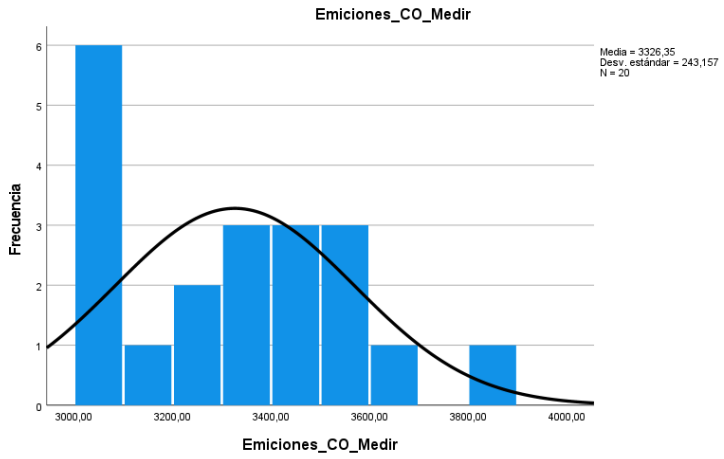
Nota. Se muestra el histograma de combustible utilizado del escenario base, Fuente: Elaboración propia.

- Emisiones CO: Se evidencia en el diagnóstico el severo impacto ambiental derivado del colapso vehicular. El sistema registra una emisión media de 3326,35 g de monóxido de carbono, con una dispersión importante, como se puede apreciar en la desviación estándar de 243,157. Esta inestabilidad en la red vial hace que la huella contaminante se dispare hasta picos críticos cercanos a los 3900 g en los escenarios de mayor congestión. Estas cifras son las que evidencian que el ciclo constante de

detenciones sumadas a la fricción de la configuración actual no solo penaliza el flujo operativo sino que compromete gravemente la sustentabilidad ecológica de la intersección.

Figura 264

Histograma emisiones CO base



Nota. Se muestra el histograma de emisiones CO del escenario base, Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Análisis las causas raíz de las deficiencias en los parámetros de control de operación que generan las ineficiencias en el desempeño operativo de la intersección.

Como parte de la fase de análisis, la identificación inicial de los factores críticos se estructuró mediante el Diagrama de Ishikawa, categorizando las hipótesis causales bajo el enfoque de las 6M (Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Método, Medio Ambiente y Medición). A partir de estos primeros hallazgos, y con el objetivo de validarlos rigurosamente, se ejecutó una serie de análisis, levantamientos y evaluaciones. Dichas ejecuciones permitieron descartar percepciones subjetivas y cuantificar el impacto real de cada variable sobre el colapso del nodo vial. Los hallazgos, respaldados por datos, y la conclusión operativa de cada factor evaluado se consolidan en la siguiente tabla.

Tabla 46

Análisis, hallazgos y conclusiones

Análisis	Hallazgo	Conclusión
Señalización Vial (Horizontal y Vertical)	Ausencia casi absoluta de señales verticales reguladoras. Desgaste crítico en cruceros peatonales y de flechas direccionales.	La carencia física de restricciones normativas induce la totalidad de las maniobras conflictivas, elevando la fricción lateral y el desorden en la red.
Geometría y Conflictos	Identificación de 34 puntos de conflicto simultáneos, concentrando 18 puntos críticos de cruce en el nodo central.	La densidad de cruces satura físicamente la mediana, imposibilitando la evacuación segura de los giros.
Esquema de Control (Fases)	Ciclo actual de 98 s vs. Óptimo teórico de 90.6 s. Tiempo Perdido Total (L) crónico de 16 s por ciclo de 4 fases.	Matemáticamente inviable optimizar tiempos manteniendo 4 fases; la reducción a 2 fases es estructuralmente obligatoria.
Coordinación semafórica	Desfase (Offset) nulo de 0.0 s, generando un déficit de 10 veh/h de capacidad perdida estrictamente por bloqueo mutuo (Spillback).	Carencia absoluta de progresión vehicular ("ola verde"), forzando un patrón stop-and-go destructivo entre intersecciones.
Fricción por Transporte Público	Flujo M2 representa solo el 10.4% de la demanda. Suprimir su bloqueo (fbb=1) solo reduce el v/c máximo de 1.33 a 1.23, manteniendo la red en LOS F.	Hipótesis descartada. Las unidades M2 son un factor agravante, pero el colapso operativo recae en el flujo mixto base de 89.6%.
Segregación de Paraderos (Por Tipo de Línea)	Incompatibilidad legal por vía de acceso restringido (Ordenanza N° 017-2024-MPC-CHIVAY). Asimetría extrema de frecuencias (4 a 60 min) y convergencia obligatoria de rutas que provocaría severa interferencia vehicular	Propuesta técnica y normativamente inviable. Se descarta la segregación y se adopta la formalización *in situ* de los paraderos de facto (Puntos 1 y 4), validada por el Manual de Seguridad Vial del MTC.
Capacidad en Vía Alterna Norte (C. S/N)	Calzada de 6.72 m permite carril de 3.50 m. Demanda de giros asimilará solo el 31% de su capacidad. Cruce peatonal exige apenas 12.13 s de verde mínimo.	Infraestructura idónea y 100% segura. Absorberá las maniobras de retorno manteniendo un 69% de margen de reserva holgado.
Capacidad en Vía Alterna Sur (C. Castilla)	Carril derecho de 3.41 m. La redirección de las maniobras de giro consumirá únicamente el 25% de su capacidad teórica máxima.	Altamente viable. Operará en flujo libre con un remanente del 75% de capacidad disponible para la descarga vehicular.

Nota. Se muestra una tabla resumen de los Análisis, hallazgos y conclusiones, Fuente: Elaboración propia.

Una vez validadas y cuantificadas las deficiencias estructurales y operativas de la intersección, resultó imperativo establecer su nivel de impacto real para definir la estrategia de solución definitiva. Para ello, se procedió con la estructuración del Diagrama de Pareto.

5.1.2.1 Jerarquización de Causas (Diagrama de Pareto)

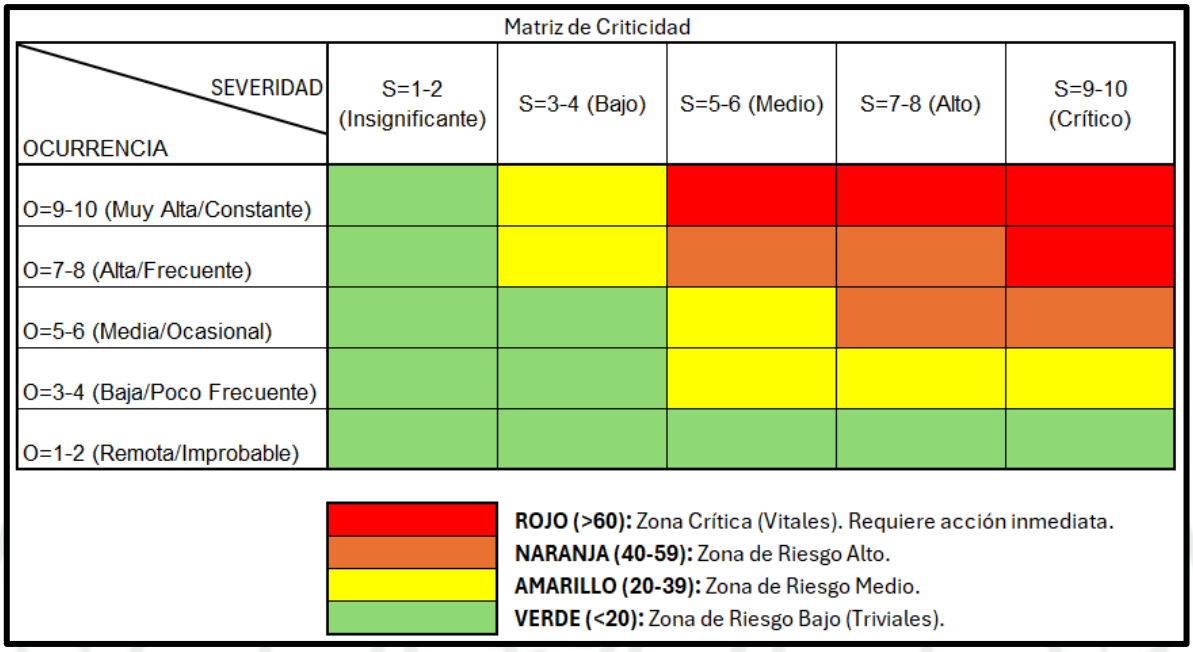
Identificados los factores causales en el diagrama de Ishikawa en la fase analizar y los resultados numéricos arrojados por la evaluación de la infraestructura y el control semafórico, se procedió a su priorización utilizando el Diagrama de Pareto. Esta herramienta estadística, fundamentada en la regla del 80/20, permite discriminar los pocos vitales de los muchos triviales, cuantificando el impacto relativo de cada causa sobre la ineficiencia operativa de la intersección, la finalidad de aplicar este análisis fue determinar qué factores, en caso de ser corregidos, generarían el mayor impacto positivo en la reducción de las demoras y colas en la intersección.

5.1.2.1.1 Metodología de Ponderación de Causas

Para determinar la frecuencia de impacto presentada en el Diagrama de Pareto, se aplicó una metodología de evaluación semicuantitativa basada en una Matriz de Criticidad. Se definió un Índice de Prioridad (IP) para cada causa raíz, calculado como el producto de dos variables operativas: la Severidad (S), que cuantifica el grado de afectación al Nivel de Servicio y la capacidad de la vía (en una escala del 1 al 10); y la Ocurrencia (O), que estima la repetitividad del evento fallido durante cada ciclo semafórico en la hora de máxima demanda (en una escala del 1 al 10). Este enfoque permite organizar de forma objetiva la jerarquización, asegurando que los valores asignados reflejen fielmente el daño operativo real sobre la intersección de estudio.

Figura 265

Matriz de criticidad



Nota. Se muestra la matriz de criticidad, Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se justifica el Índice de Prioridad (IP) asignado a cada factor causal , con el detalle del producto de su Severidad (S) y Ocurrencia (O), en función de la realidad operativa observada en la simulación:

- Causas Vitales (Zona Crítica - 80% del Problema)

En primer lugar, la Vía Alterna Inactiva y Geometría Limitada fue identificada como el factor de mayor criticidad, obteniendo el máximo Índice de Prioridad de IP = 90. A esta causa estructural se le asignó una severidad crítica (S=9) debido a que la restricción física del “doble nodo” condena a la intersección al colapso, pero lo que agrava la situación es mantener inoperativa una vía adyacente que podría aliviar la carga. Su ocurrencia fue calificada como absoluta (O=10), ya que esta infraestructura permanece subutilizada el 100% del tiempo operativo, lo cual constituye una pérdida de capacidad permanente para el sistema.

En segundo orden de importancia, y muy vinculado con el anterior, encontramos el Ciclo Semafórico Saturado e Inadecuado con un IP = 80. Este factor de "Método" está calificado con una severidad muy alta (S=8) debido a que el actual esquema de 4 fases fragmenta el tiempo verde en exceso provocando tiempos muertos que reducen la capacidad de descarga global. También se constató que su frecuencia es constante (O=10), ya que el semáforo ejecuta este error de programación invariablemente en cada ciclo durante toda la hora punta, sin ajustarse a la demanda real.

Por último, cerrando la evaluación de la zona vital, encontramos la Falta de Señalización Reguladora, con un IP = 63. El no disponer de dispositivos verticales que impidan maniobras complejas, tiene una severidad considerable (S=7), ya que induce desorden y reduce la velocidad de operación por fricción. Se valoró que la ocurrencia de esta situación es muy frecuente (O=9), ya que la ausencia de una restricción visual explícita provoca que los conductores realicen de forma repetitiva maniobras de giro indebidas, lo cual afecta la fluidez del nodo en casi todos los ciclos.

- Causas Triviales (Zona de Monitoreo - 20% Restante)

Respecto a los factores de menor jerarquía como la Conducta de Bloqueo y las Maniobras Agresivas registró un IP = 48. Aunque el comportamiento del usuario agrava la congestión (S=6), se considera una consecuencia secundaria de la falta de señalización y gestión. Su ocurrencia es alta (O=8), pero se proyecta que disminuirá automáticamente al corregir las causas vitales (infraestructura y semáforo).

En un nivel similar se encuentran los Controladores de Tiempo Fijo con un IP = 40. Si bien la tecnología es simple (S=5), el impacto de cambiar los equipos sería limitado si no se resuelve primero el problema geométrico y de fases. Por último, la Falta de Monitoreo / Datos (IP = 15) se clasificó como trivial, pues, aunque afecta la toma de decisiones a largo plazo, no es un detonante operativo inmediato de las demoras actuales.

Una vez culminada la metodología se construyó la tabla de frecuencia de Causas y el diagrama de Pareto de las causas de ineficiencia operativa.

Tabla 47

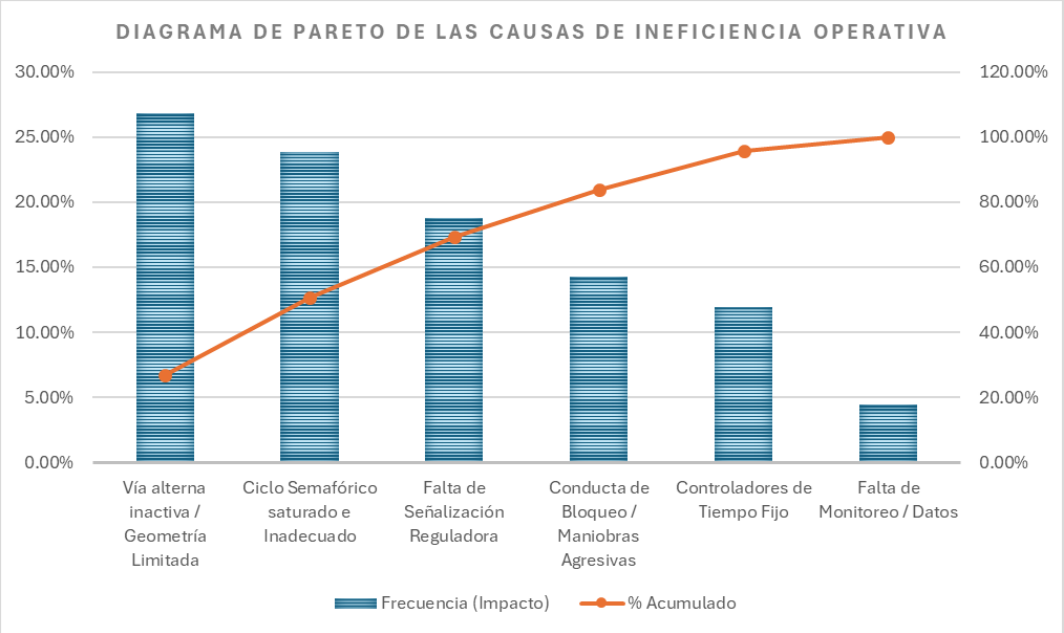
Frecuencias de causas

Orden	Causa Raíz (Factor)	Categoría (6M)	Frecuencia (Impacto)	% Relativo	% Acumulado
1	Vía alterna inactiva / Geometría Limitada	MATERIALES	90	26.79%	26.79%
2	Ciclo Semafórico saturado e Inadecuado	MÉTODO	80	23.81%	50.60%
3	Falta de Señalización Reguladora	MATERIALES	63	18.75%	69.35%
4	Conducta de Bloqueo / Maniobras Agresivas	MANO DE OBRA	48	14.29%	83.63%
5	Controladores de Tiempo Fijo	MAQUINARIA	40	11.90%	95.54%
6	Falta de Monitoreo / Datos	MEDICIÓN	15	4.46%	100.00%
Total			336	1	

Nota. Se muestra el cálculo de la frecuencia de causas, Fuente: Elaboración propia.

Figura 266

Diagrama de Pareto de las causas de ineficiencia operativa



Nota. Se muestra el diagrama de Pareto de las causas de ineficiencia operativa, Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.1.2 Análisis de la Jerarquización de Causas

Como se aprecia en el Diagrama de Pareto, se ha representado gráficamente la distribución de los factores causales según su Índice de Prioridad (IP). En el gráfico se puede observar un histograma de frecuencias en barras de color azul. Este histograma muestra por separado el impacto de cada causa. Incluye también una línea naranja que representa el porcentaje acumulado. De esta forma vemos avanzar la suma de las causas hacia el total del problema.

El análisis de la gráfica permite observar la siguiente estructura de priorización:

Causas vitales: Área de Ascenso Rápido. En la Figura N°266 puede observarse que las tres primeras barras son las más elevadas. Esto indica que su contribución al problema es mucho mayor que la de los otros. Estos motivos, que se clasifican en Materiales y Método,

conforman una pendiente fuerte en la curva acumulada. Así, llegan al 69,35% del total del problema, con tan solo el 50% de los factores evaluados:

- Vía Alterna Inactiva: Es el factor dominante con un impacto individual del 26.79%.
- Ciclo Semafórico Saturado: Aporta un 23.81% adicional a la ineficiencia.
- Falta de Señalización: Suma un 18.75% al colapso operativo.

Punto de Inflexión del 80%: La curva naranja cruza el umbral crítico del 80% exactamente en el cuarto factor (Conducta de Bloqueo). Con este ítem, el acumulado asciende al 83.63%. Visualmente, esto confirma que para resolver la gran mayoría del problema (Regla 80/20), es necesario abordar hasta este cuarto punto. Sin embargo, la conducta de bloqueo es una consecuencia de las tres primeras barras. Por tanto, la estrategia técnica se centrará en eliminar las tres barras iniciales (Causas Raíz), lo que colateralmente reducirá la cuarta barra sin intervención directa.

Causas Triviales: En la parte derecha del gráfico, la curva tiende a aplanarse y se denomina zona de estabilización. Las barras correspondientes a Controladores de Tiempo Fijo y Falta de Monitoreo son significativamente menores, aportando en conjunto menos del 17% restante. Esto demuestra de forma gráfica que cualquier esfuerzo invertido en estos últimos factores, tendrían un impacto mínimo en la recuperación del Nivel de Servicio.

5.1.2.1.3 Resultado de la Jerarquización de Causas

La representación visual de la Figura N°266 valida la hipótesis de intervención: La solución del proyecto debe cortar el problema a la izquierda del gráfico. Al concentrar los recursos de la fase IMPLEMENTAR de DMAIC en las tres primeras barras (Infraestructura y Semáforos), se estará gestionando directamente el 70% de las causas, con una proyección de mejora que impactará sobre el 83% del sistema al corregirse la conducta de los usuarios.

5.1.3 Diseño de la propuesta de optimización de los parámetros de control para mejorar el desempeño operativo de la intersección.

Para dar cumplimiento al objetivo de diseñar una propuesta de optimización integral para la intersección, se estructuró un modelo de intervención escalonado que contempla una reingeniería completa.

5.1.3.1 Diseño Geométrico y Lógica de Control Semafórico

El primer nivel de intervención consistió en viabilizar la simplificación del controlador mediante la externalización de los volúmenes de giro conflictivos hacia la infraestructura adyacente. Los parámetros físicos y lógicos de este rediseño son los siguientes:

- Canalización Geométrica: Se establece la prohibición física de los giros a la izquierda y retornos en "U" en la Av. Camaná. Estos flujos son derivados hacia la Vía de Retorno Norte (Calle S/N) y la Vía de Retorno Sur (Calle Castilla).
- Controlador Semafórico: Habiendo eliminado la fricción central, se diseñó un controlador simplificado de 2 fases. Mediante el método de Webster, se calculó un ciclo óptimo de 60 segundos, complementado con un desfase (offset) de 10 segundos respecto al nodo adyacente para garantizar la progresión vehicular (Ola Verde) a 30 km/h.
- Estrategia de Adaptabilidad para Horas valle Diurno y Nocturno: Para resolver las ineficiencias paramétricas durante los periodos de baja demanda comprobados en el aforo, el diseño lógicos se estructuró en dos configuraciones complementarias:
  - ✓ Hora valle diurna: El ciclo de 60 segundos demuestra ser plenamente eficiente fuera de la Hora de Máxima Demanda, operando como un "ciclo corto" que evita el fenómeno de verde vacío. Se determinó que este tiempo representa el límite operativo inferior indeclinable, dado que garantiza el Tiempo Verde Efectivo

Mínimo (22 segundos) exigido por el Manual de Seguridad Vial del MTC para asegurar la evacuación peatonal a una velocidad de marcha de 1.2 m/s.

- ✓ Hora valle nocturna: Para la franja horaria de caída drástica de la demanda (23:00 a 05:00 horas), el sistema implementará "Planes de Horario" (Time-of-Day). En estricto apego al Manual de Dispositivos de Control del Tránsito del MTC, el controlador transicionará automáticamente a un Modo Destello preventivo (luz ámbar intermitente en la vía principal y luz roja intermitente en los accesos secundarios). Esta medida suprime las demoras de control injustificadas frente a calzadas vacías, desincentivando el cruce en rojo por frustración y manteniendo un control seguro las 24 horas del día.

La programación técnica que regirá el nuevo esquema de fases se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 48

Programación semafórica propuesta

INTERSECCION	VIA	FASE	TODO ROJO	AMBAR	VERDE EFECTIVO	TIEMPO TOTAL
Principal	Av. Camaná	**1**	1s	3s	27s	31s
	Calle Cayma	**2**	3s	3s	23s	29s
Secundaria	Av. Camaná	**1**	1s	3s	28s	32s
	C/S nombre	**2**	2s	3s	23s	28s
Secundaria	Av. Camaná / C. Castilla	No semaforizado				

Nota. Se muestra la programación semafórica propuesta, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.2 Reingeniería Visual y Física

Para asegurar que el flujo vehicular respete la simplificación a dos fases semafóricas, se diseñó un esquema integral de señalización horizontal, vertical y de restricción física. La Tabla siguiente sintetiza los dispositivos normativos implementados para canalizar y advertir a los usuarios, eliminando la ambigüedad en la toma de decisiones:

Tabla 49

Dispositivos implementados

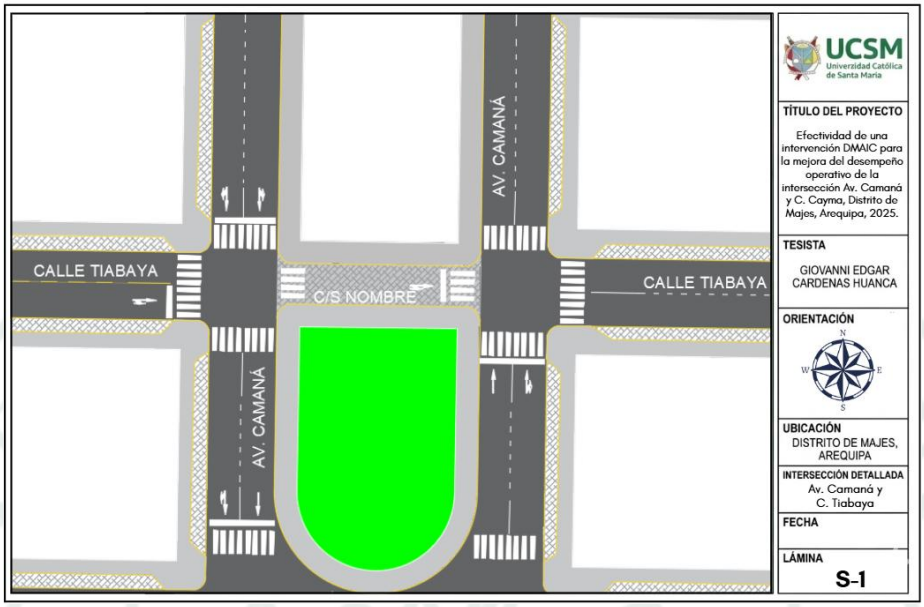
Tipo de Control	Dispositivo Implementado (Norma MTC 2024)	Función Operativa / Justificación
Control Físico (Velocidad)	Resalto de sección circular (Directiva 01-2011-MTC/14).	Instalado en los tramos de aproximación de la Av. Camaná para forzar la desaceleración previa al cruce y proteger las maniobras de giro externalizadas.
Demarcación Horizontal	Líneas de borde y central (Pintura blanca/amarilla) y Cruce cebra.	Prohíbe el estacionamiento lateral y delimita la zona de prioridad absoluta para salvaguardar a los peatones vulnerables.
Señales Reguladoras (Prioridad)	R-2 (Ceda el Paso).	Regula los giros externalizados, obligando a ceder el derecho de paso al flujo troncal de la Av. Camaná.
Señales Reguladoras (Prohibición)	R-19 (Prohibido Veh. de Carga) R-28 (No Detenerse) R-27 (No Estacionar) R-44 (Paradero Prohibido).	Libera la capacidad instalada de la vía, previniendo cuellos de botella por transporte público o carga en los puntos de convergencia críticos.
Señales de Restricción	R-30 (Velocidad Máxima).	Garantiza una zona de coexistencia segura entre la movilidad peatonal y el tránsito en las vías transversalmente reducidas.
Señales Preventivas e Informativas	P-33B (Resalto) P-48B (Peatones) I-6 (Paradero Oficial).	Informa anticipadamente sobre la presencia de infraestructura de mitigación y concentra a los usuarios en puntos de abordaje autorizados.

Nota. Se muestra la propuesta de dispositivos para implementar, Fuente: Elaboración propia.

Como culminación del diseño de dispositivos de control se consolida la distribución espacial de todos los elementos descritos con anterioridad. Este esquema integral ilustra la posición estratégica de las señales planteadas a lo largo de la zona de intervención.

Figura 267

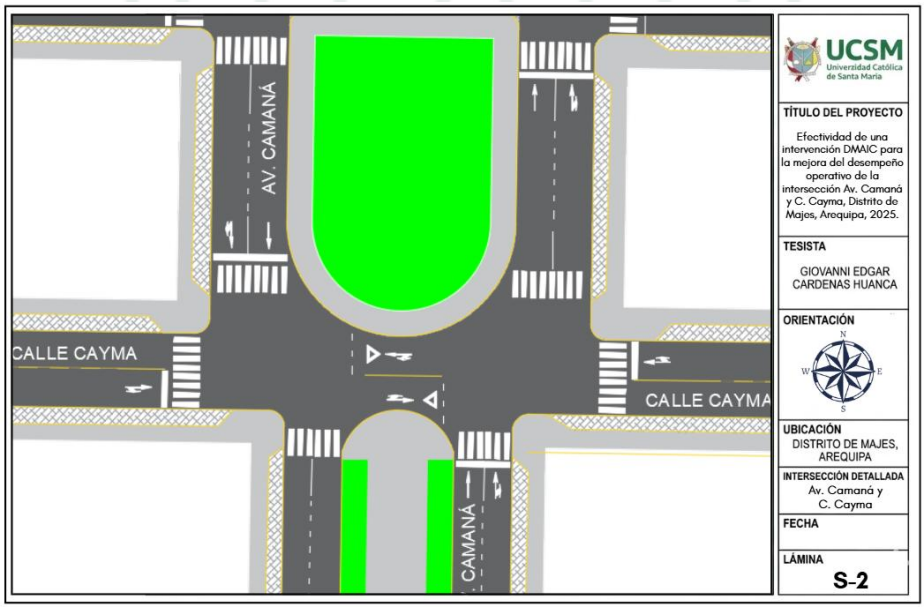
Señalización horizontal propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C/S nombre y C. Tiabaya



Nota. Se muestra la Señalización horizontal propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C/S nombre y C. Tiabaya.

Figura 268

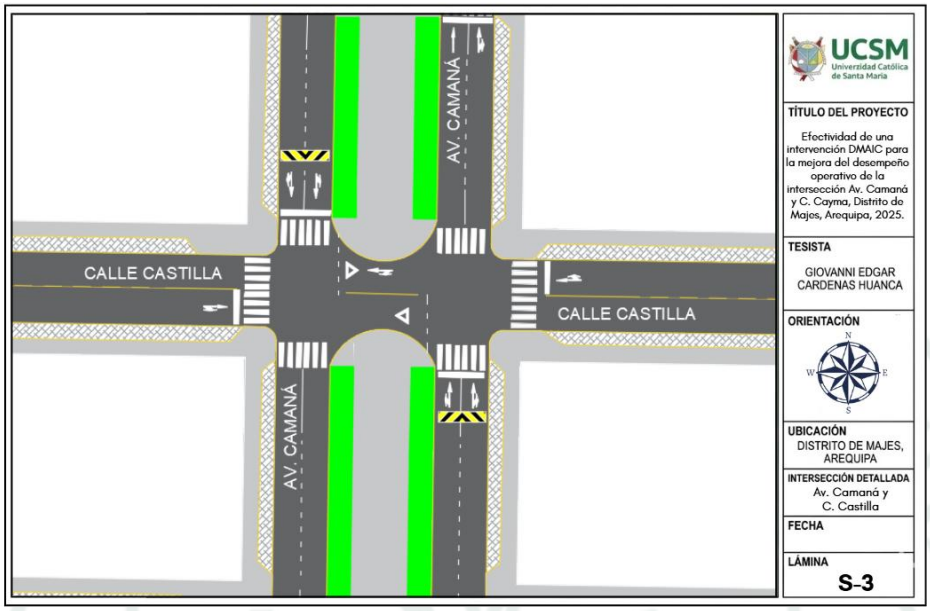
Señalización horizontal propuesta para Intersección de la Av. Camaná y C. Cayma



Nota. Se muestra la Señalización horizontal propuesta para *para Intersección de la Av. Camaná y C. Cayma.*

Figura 269

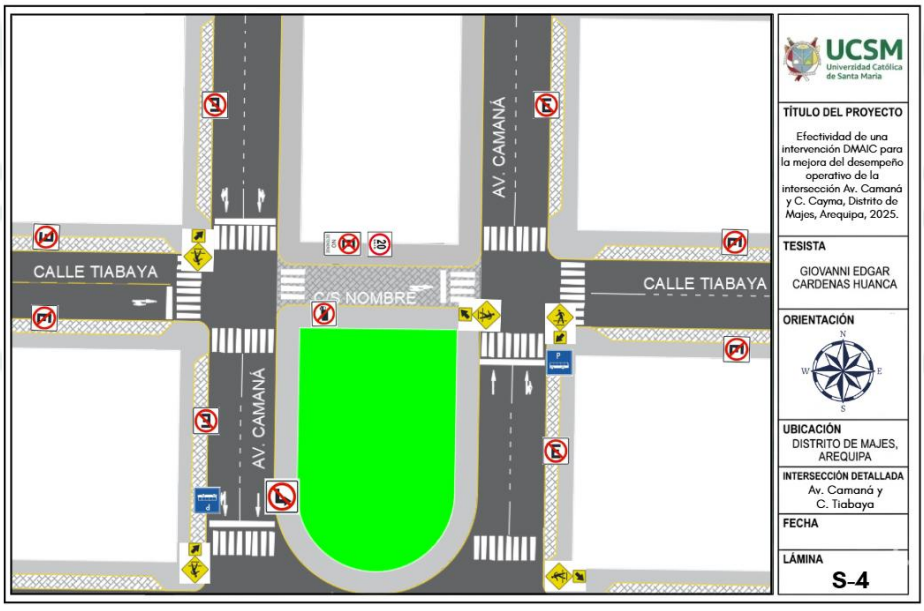
Señalización horizontal propuesta para Intersección de la Av. Camaná y C. Castilla



Nota. Se muestra la Señalización horizontal propuesta para *para Intersección de la Av. Camaná y C. Castilla*

Figura 270

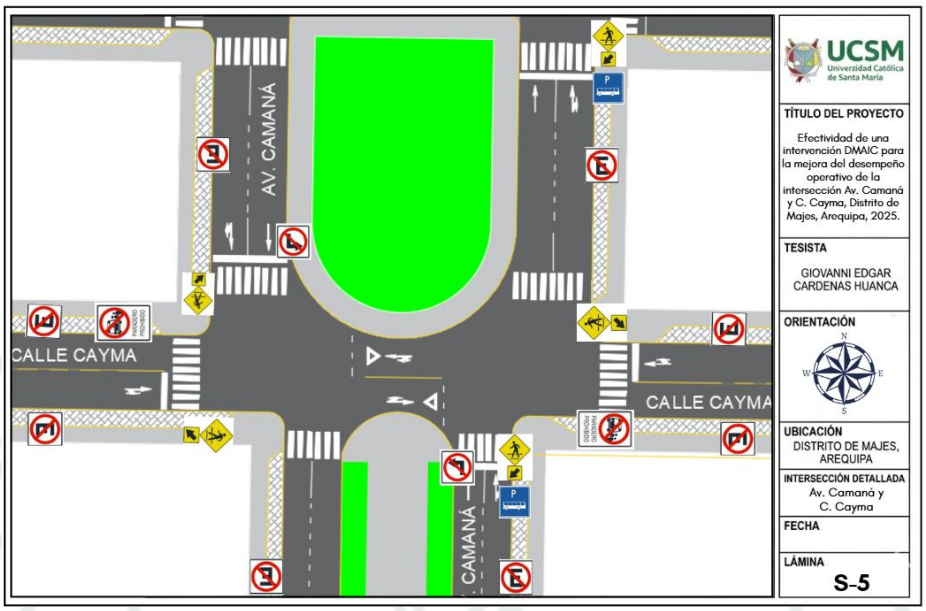
Señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C/S nombre y C. Tiabaya



Nota. Se muestra la señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C/S nombre y C. Tiabaya, Fuente: Elaboración propia.

Figura 271

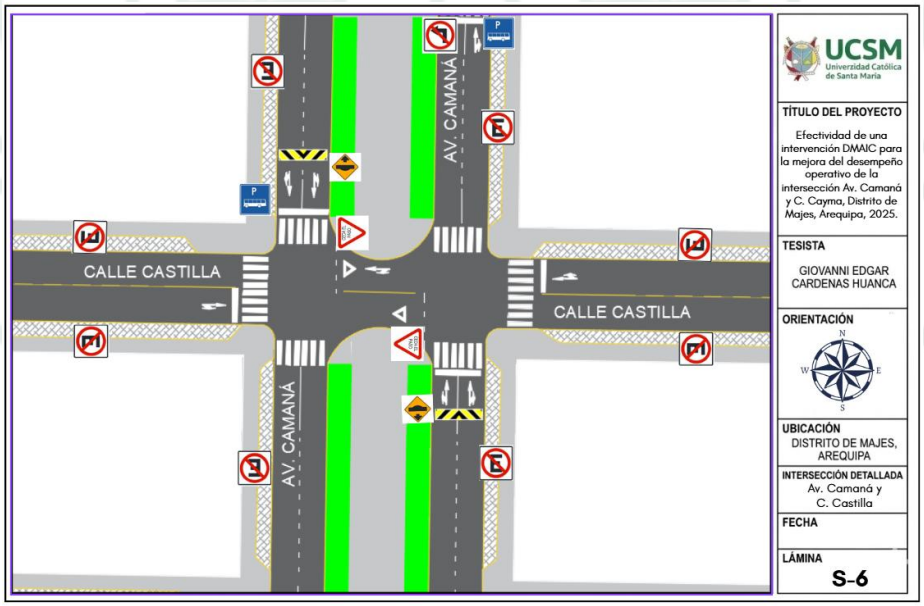
Señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C. Cayma.



Nota. Se muestra la señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, Cayma, Fuente: Elaboración propia.

Figura 272

Señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C. Castilla.



Nota. Se muestra la señalización vertical propuesta para Intersección de la Av. Camaná, C. Castilla, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.3 Desempeño operativo de rediseño

Con el propósito de cuantificar el desempeño operativo del rediseño, el escenario propuesto. Se realizo la modelación de la propuesto de diseño y se cuantificaron los indicadores y macroscópicos de la nueva red.

5.1.3.4 Desempeño macroscópico

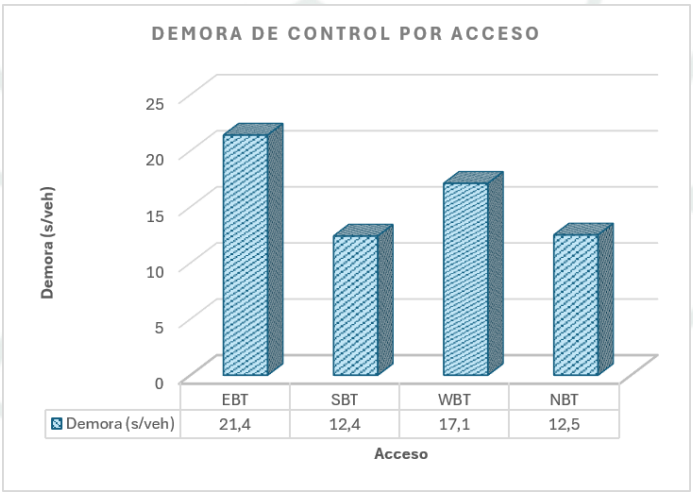
5.1.3.5 Efectividad sobre los Indicadores Macroscópicos

5.1.3.5.1 Demora de control (s/veh)

El análisis de la demora de control por acceso direccional evidencia que la mayor retención se concentra en el eje Este (EBT) con un valor de 21,4 s/veh, seguido por el acceso Oeste (WBT) que registra 17,1 s/veh. Por otro lado, los movimientos vehiculares transversales presentan un desempeño operativo de mayor fluidez y comportamiento casi simétrico, cuantificando un retardo de 12,5 s/veh en el acceso Norte (NBT) y el menor valor del sistema en el acceso Sur (SBT) con 12,4 s/veh

Figura 273

Demora de control propuesto



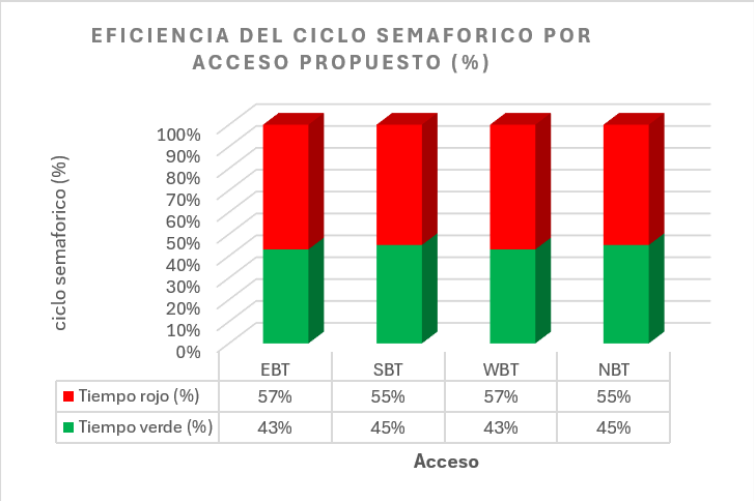
Nota. Se muestra gráficamente la demora de control propuesta, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.5.2 Ratio g/C (%)

El análisis de la eficiencia temporal del ciclo semafórico (ratio g/C) evidencia una distribución equilibrada de las fases operativas en la intersección. Específicamente, los movimientos vehiculares de los accesos transversales Norte (NBT) y Sur (SBT) registran una asignación temporal simétrica del 45% de tiempo verde frente a un 55% de tiempo rojo (restricción). Por su parte, los ejes Este (EBT) y Oeste (WBT) presentan una configuración idéntica entre sí, operando con una disponibilidad del 43% de verde efectivo y un 57% de fase roja.

Figura 274

Eficiencia del ciclo semafórico propuesto



Nota. Se muestra gráficamente la eficiencia del ciclo semafórico propuesto, Fuente: Elaboración propia.

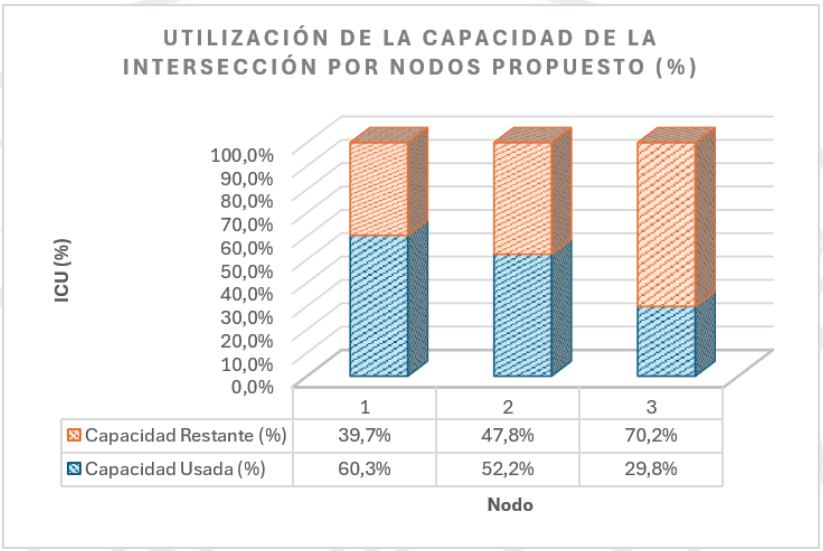
5.1.3.5.3 ICU/ capacidad (%)

El análisis mediante el Índice de Capacidad Utilizada (ICU) cuantifica que, el Nodo 1 registra el mayor agotamiento de su infraestructura con una capacidad usada del 60,3%, conservando una reserva ociosa del 39,7%. Le sigue el Nodo 2, el cual presenta una ocupación geométrica del 52,2% frente a un 47,8% de capacidad restante. Finalmente, el Nodo 3 exhibe

el menor nivel de estrés estructural del sistema, utilizando únicamente el 29,8% de su espacio disponible y manteniendo un amplio margen de holgura del 70,2%.

Figura 275

ICU propuesto



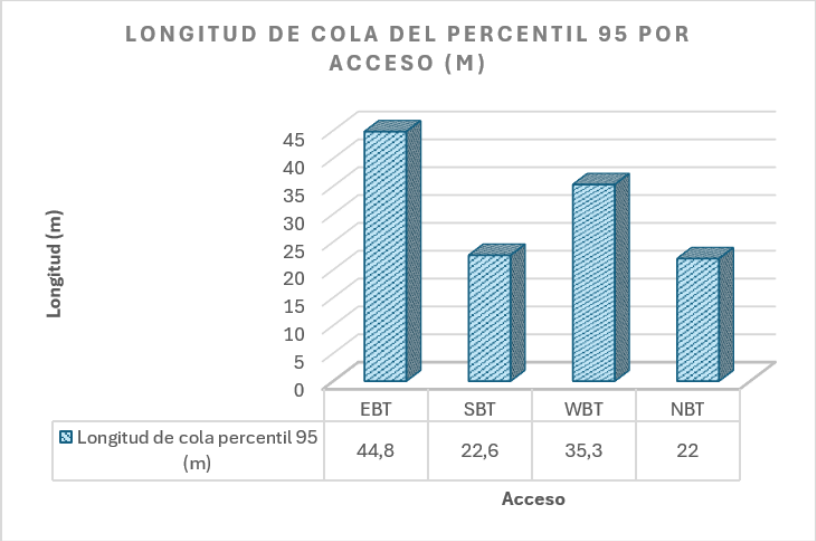
Nota. Se muestra gráficamente el ICU propuesto por nodos, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.5.4 Longitud de Cola 95th (m)

El análisis evidencia la extensión máxima de almacenamiento vehicular requerida por cada acceso. Cuantitativamente, el eje Este (EBT) registra la mayor acumulación física con una extensión de 44,8 metros, seguido por el acceso Oeste (WBT) que alcanza los 35,3 metros de cola. Por su parte, los movimientos transversales presentan una ocupación espacial menor y de comportamiento casi simétrico, registrando 22,6 metros en el acceso Sur (SBT) y la menor longitud del sistema en el acceso Norte (NBT) con 22 metros.

Figura 276

Longitud de cola del percentil 95 por acceso propuesto



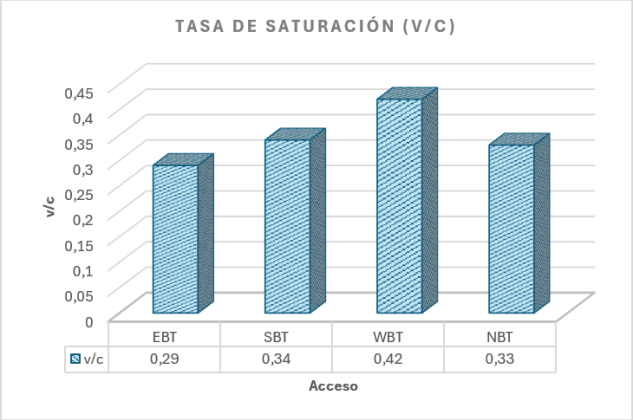
Nota. Se muestra gráficamente la longitud de cola del percentil 95 propuesta, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.5.5 Tasa de Saturación (v/c)

El análisis cuantifica el nivel de exigencia operativa al que está sometido cada acceso de la intersección. Cuantitativamente, el eje Oeste (WBT) registra el mayor grado de estrés matemático del sistema con un indicador de 0,42. Por su parte, los movimientos vehiculares Norte (NBT) y Sur (SBT) presentan un desempeño muy similar y moderado, cuantificando tasas de saturación de 0,33 y 0,34, respectivamente. Finalmente, el acceso Este (EBT) exhibe la menor exigencia de la red vial con un valor de 0,29.

Figura 277

Tasa de saturación propuesta



Nota. Se muestra gráficamente la tasa de saturación propuesta, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.5.6 Nivel de Servicio

El análisis bajo el escenario propuesto establece que el nivel de servicio proyectado para cada acceso de la intersección. Específicamente, los movimientos vehiculares correspondientes a los ejes Sur (SBT), Oeste (WBT) y Norte (NBT) alcanzan un desempeño homogéneo y altamente eficiente, registrando un nivel de servicio "B". Por su parte, el acceso Este (EBT) presenta la calificación más restrictiva del nodo con un nivel de servicio "C", indicando un flujo que se mantiene dentro de los rangos de estabilidad operativa aceptable, aunque con una fricción temporal ligeramente mayor al resto de la red.

Tabla 50

Nivel de servicio actual por acceso VS nivel de servicio propuesto por acceso

Acceso	EBT	SBT	WBT	NBT
LOS PROPUESTO	C	B	B	B

Nota. Se muestra el nivel de servicio actual VS el nivel de servicio propuesto por acceso, Fuente: Elaboración propia.

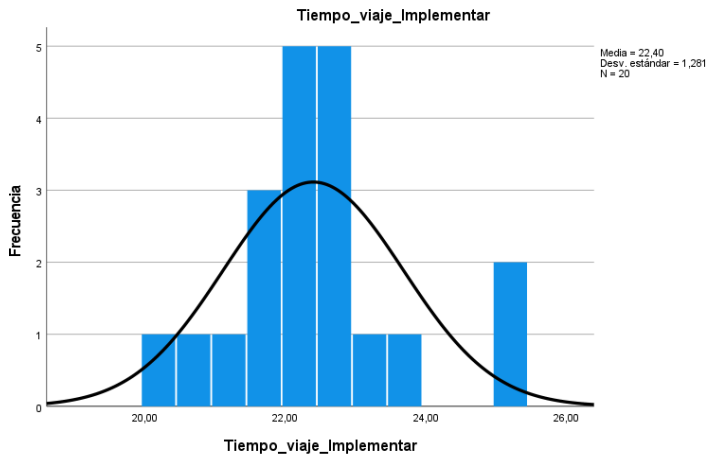
5.1.3.6 Desempeño microscópico

5.1.3.6.1 Tiempo de viaje

El análisis del tiempo de viaje para el escenario optimizado evidencia una distribución estable tras las 20 iteraciones de micro simulación (N = 20). El sistema ha registrado un tiempo medio de recorrido de 22,40. La desviación estándar se establece en 1,281. Los datos presentan poca dispersión. Se tiene un alto nivel de control del flujo vehicular. En la figura adjunta se muestra la campana de Gauss superpuesta al histograma. Las observaciones se agrupan de forma simétrica en torno a la media. Los valores atípicos del retardo extremo se eliminan del modelo. La verificación es tanto visual como matemática. Las contramedidas implementadas responden directamente ante estos indicadores estocásticos. El comportamiento cinemático de los usuarios en la red se vuelve fluido y predecible, y está bajo un estricto control estadístico.

Figura 278

Histograma tiempo de viaje propuesto



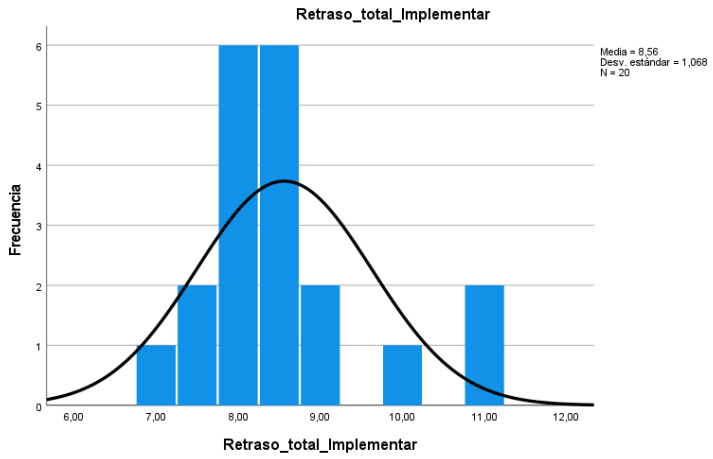
Nota. Se muestra el histograma de tiempo de viaje del escenario propuesto, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.6.2 Retraso total

El análisis del retraso total para el escenario optimizado muestra una distribución muy controlada después de efectuar las 20 iteraciones de microsimulación (N = 20); esto en términos cuantitativos, el sistema muestra un retraso medio de 8,56 horas con bajo nivel de variabilidad y fricción operativa, respaldado por una desviación estándar de tan sólo 1,068, mientras que la superposición de la campana de Gauss sobre el histograma confirma, tanto visual como matemáticamente, que la gran mayoría de las observaciones se agrupan alrededor de la media, minimizando de forma considerable la probabilidad de experimentar congestiones atípicas o tiempos perdidos extremos.

Figura 279

Histograma retraso total propuesto



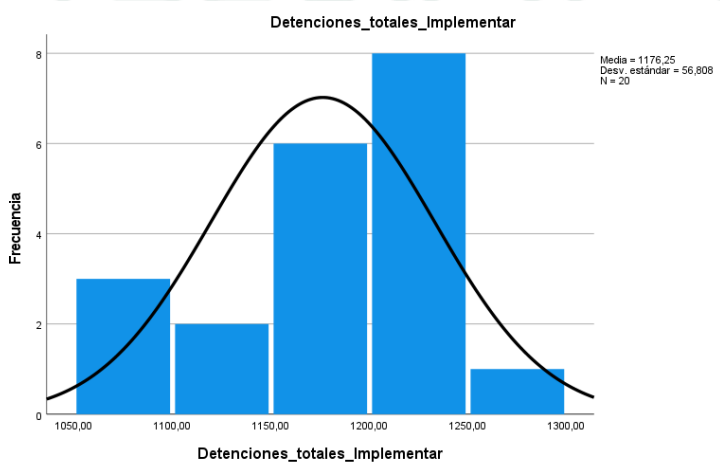
Nota. Se muestra el histograma de retraso total del escenario propuesto, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.6.3 Detenciones totales

El escenario optimizado muestra un comportamiento estable en las detenciones totales. El cálculo se realizó con 20 iteraciones de microsimulación (N = 20). El registro muestra un promedio de 1.176,25 detenciones. La desviación estándar es de 56,808. Queda estrictamente limitada la variabilidad de las interrupciones mecánicas del flujo vehicular. El histograma incluye una superposición de la campana de Gauss. La frecuencia de las paradas se agrupa, como era de esperar, alrededor de la media. Los picos extremos de retención quedan descartados totalmente por la prueba estadística.

Figura 280

Histograma detenciones totales propuesto



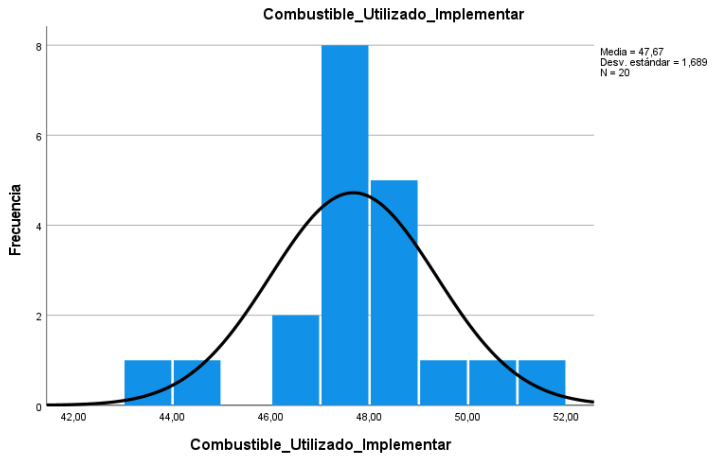
Nota. Se muestra el histograma de detenciones totales del escenario propuesto, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.6.4 Combustible utilizado

El nivel de consumo energético se muestra estable dentro del escenario optimizado. La evaluación se hace en 20 iteraciones de microsimulación (N = 20). El sistema indica una demanda media de 47,67 litros. La desviación estándar está en 1,689. La muestra prácticamente no se dispersa. El modelo controla de forma estricta las fluctuaciones cinemáticas de los vehículos. En la representación gráfica, al histograma de frecuencias se superpone la campana de Gauss. Los valores observados se agrupan simétricamente alrededor del centro.

Figura 281

Histograma combustible utilizado propuesto



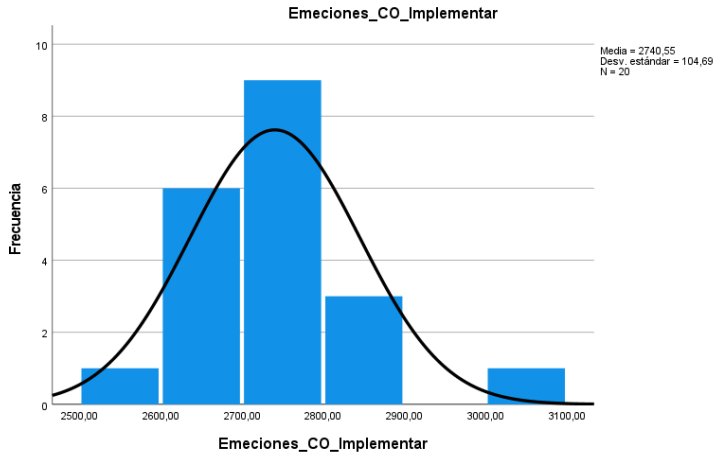
Nota. Se muestra el histograma de combustible utilizado del escenario propuesto, Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.6.5 Emisiones CO

La evaluación de las emisiones de CO en el escenario optimizado muestra un impacto ambiental controlado luego de las 20 iteraciones de microsimulación. Cuantitativamente, el sistema registra una generación media de 2740,55 gramos, respaldada por una desviación estándar de 104,69, lo que demuestra una variabilidad acotada en la dispersión de gases contaminantes derivada de la cinemática vehicular. La campana de Gauss superpuesta al histograma confirma visual y matemáticamente que la frecuencia de las emisiones se concentra de manera simétrica y predecible en torno al valor central, mitigando la probabilidad de experimentar picos atípicos de contaminación extrema.

Figura 282

Histograma emisiones CO propuesto



Nota. Se muestra el histograma de Emisiones CO del escenario propuesto, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Determinación de la efectividad de la propuesta de optimización de los parámetros de control sobre el desempeño operativo de la intersección contrastando el escenario propuesto frente al actual.

En esta sección se aborda el cuarto objetivo específico de la investigación. El análisis contrasta directamente el escenario real con la propuesta de optimización de los parámetros de control. El proceso metodológico comprende dos niveles de evaluación. El enfoque determinista cuantifica el porcentaje de mejora de los indicadores macroscópicos procesados en Synchro. La parte aleatoria utiliza la estadística inferencial aplicada a los reportes microscópicos de SimTraffic. Este último paso, muestra matemáticamente la significancia de los beneficios alcanzados en la red. La verificación confirma que la recuperación de la capacidad operativa se debe únicamente a la aplicación del método técnico sugerido. El cruce de estos datos proporciona el sustento definitivo para corroborar la Hipótesis Específica 4.

5.1.4.1 Efectividad sobre los Indicadores Macroscópicos

5.1.4.1.1 Demora de control (s/veh)

La verificación determinística de la demora de control muestra la eliminación total del colapso operativo en la intersección al comparar los resultados con el límite crítico de falla de 80 s/veh del Highway Capacity Manual. En la línea base la red superaba ampliamente este umbral, pero el rediseño logró optimizaciones numéricas drásticas. El acceso norte NBT experimentó la mejora más agresiva al desplomar su demora de 158.0 s/veh a tan solo 12.5 s/veh, lo cual representa una tasa de optimización del 92.09%. El nivel de congestión del acceso sur (SBT) ha experimentado una reducción significativa. La demora se redujo de 132,6 segundos por vehículo a 12,4 segundos por vehículo. El análisis numérico revela un impacto positivo del 90,65 %. La intervención técnica también resolvió la falla operativa relacionada con los ejes transversales. El acceso este (EBT) ha disminuido el tiempo de inactividad de

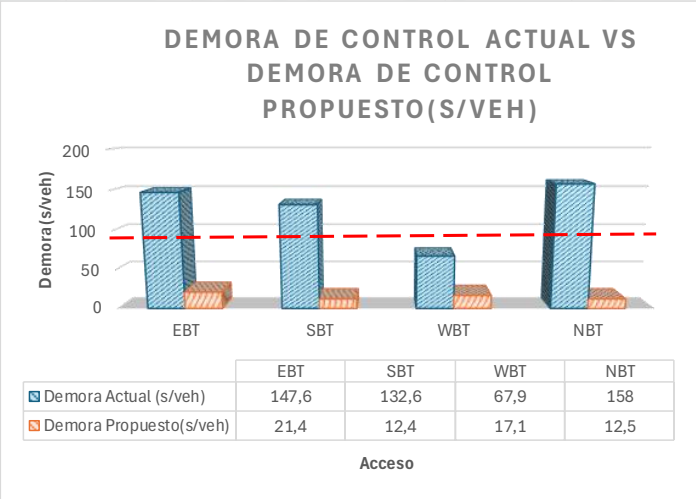
147,6 segundos por vehículo a 21,4 segundos por vehículo. Se establece la tasa de mejora en un 85,50%. La vía de acceso oeste (WBT) mejoró el flujo vehicular al reducir el tiempo de 67.9 segundos por vehículo a 17.1 segundos por vehículo. El ajuste paramétrico produce una ganancia operativa del 74.82 % para este segmento.

La metodología DMAIC consiguió reconfigurar la distribución temporal y geométrica del cruce. En todas las aproximaciones, los tiempos de espera insostenibles se estabilizaron en una franja de 12,4 a 21,4 s/veh. El nodo físico recuperó su capacidad instalada, y superó por completo el estado de sobresaturación crónica.

.

Figura 283

Demora de control actual VS propuesto



	EBT	SBT	WBT	NBT
Demora Actual (s/veh)	147,6	132,6	67,9	158
Demora Propuesto(s/veh)	21,4	12,4	17,1	12,5

Nota. Se muestra gráficamente la demora de control actual VS la demora de control propuesta, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.1.2 Ratio g/C (%)

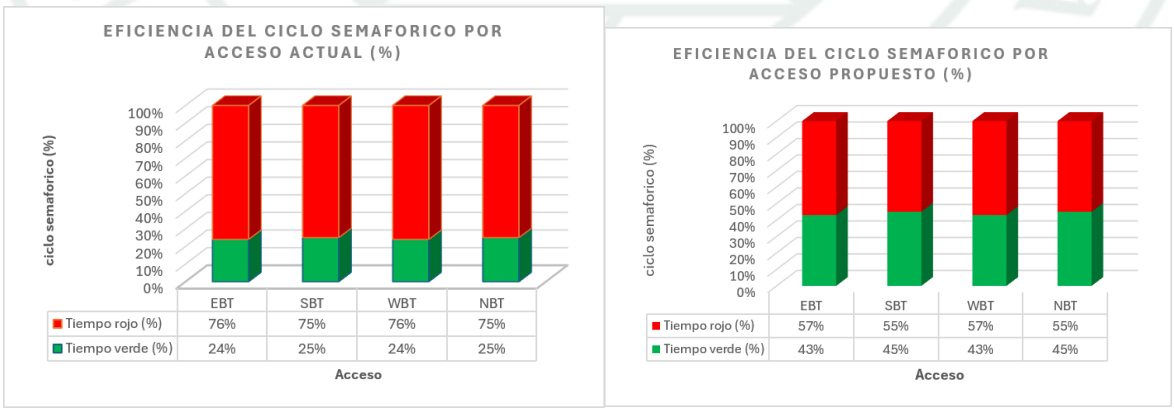
La evaluación determinística de la línea base reveló una distribución altamente ineficiente y restrictiva. En las condiciones actuales, los ejes transversales (EBT y WBT) apenas disponían de un 24% de tiempo verde y un crítico 76% de tiempo rojo. Una situación

análoga de asfixia operativa se presentaba en los ejes longitudinales (SBT y NBT), los cuales contaban únicamente con un 25% de tiempo verde y un 75% de restricción de paso. Esta mala parametrización explica el origen matemático de las graves demoras anteriormente analizadas, ya que los vehículos permanecían parados durante tres cuartas partes de cada ciclo semafórico.

Optimizando los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC se logró un equilibrio del derecho de paso a través de la redistribución de fases y tiempos, puesto que en el escenario propuesto los accesos este (EBT) y oeste (WBT) incrementan su tiempo verde al 43% y reducen su tiempo rojo al 57%. Al mismo tiempo, los accesos sur (SBT) y norte (NBT) tuvieron una mejora importante en su capacidad de descarga, aumentando su tiempo verde al 45% y disminuyendo la penalización roja al 55%. Esta reconfiguración estratégica casi que duplicó el tiempo útil de paso en todos los frentes, demostrando que la propuesta maximiza la capacidad intrínseca de la intersección y permite una disipación continua de las colas sin requerir expansiones físicas de la infraestructura.

Figura 284

Eficiencia del ciclo semafórico actual VS propuesto



Nota. Se muestra gráficamente la eficiencia del ciclo semafórico actual VS propuesto, Fuente: Elaboración propia.

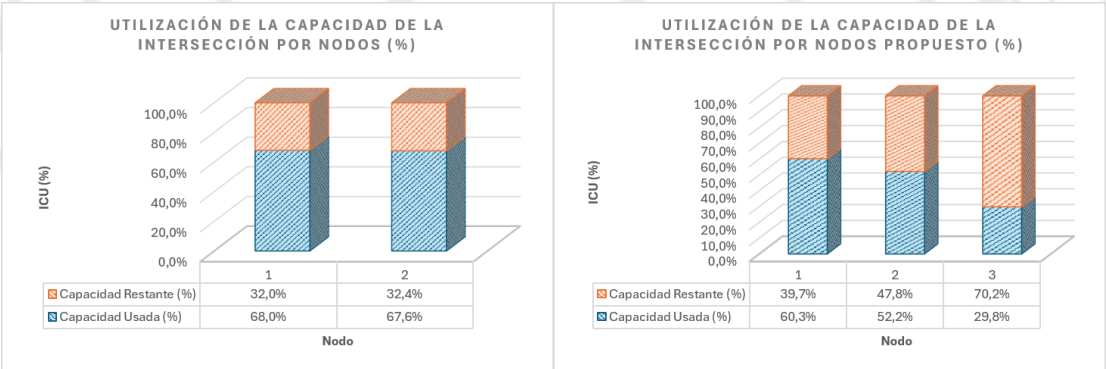
5.1.4.1.3 ICU/ capacidad (%)

En el diagnóstico de la línea base, la evaluación determinística arrojó que el Nodo 1 consumía el 68.0% de su capacidad, dejando una reserva operativa de apenas 32.0%. El Nodo 2 operaba en forma paralela con un 67,6% de capacidad usada y un 32,4% de capacidad restante, estos valores, indicaban que la intersección no había roto su límite físico absoluto de saturación mostraban que ante cualquier llegada imprevista de pelotones de vehículos pesados el margen de reserva era extremadamente limitado.

Tras optimizar los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC, se observó una reducción significativa de la carga del sistema en el escenario propuesto, teniendo así, en el Nodo 1, la capacidad utilizada se situó en el 60,3%, dejando un 39,7% de reserva de fluidez; el impacto positivo fue aún más destacado en el Nodo 2, donde la capacidad utilizada bajó al 52,2%, dejando un espacio disponible del 47,8%, Además, el Nodo 3 derivado de la nueva configuración espacial y semafórica demostró operar con alta eficiencia utilizando solo el 29.8% de su capacidad y asegurando una holgada reserva del 70.2%.

Figura 285

ICU actual VS propuesto



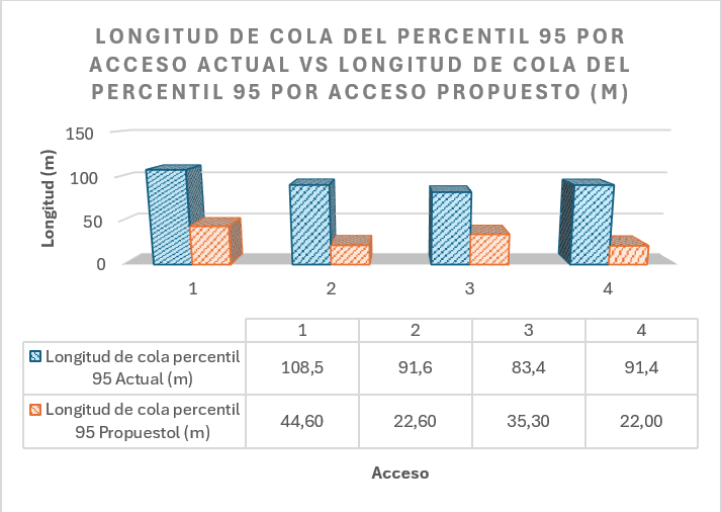
Nota. Se muestra gráficamente el ICU actual VS propuesto por nodos, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.1.4 Longitud de Cola 95th (m)

En la Línea Base se encontró que las colas proyectadas superaban ampliamente los límites deseables para una operación segura, lo que constituía el principal factor de riesgo físico de la intersección; específicamente, en esta situación, el acceso transversal EBT lograba una extensión crítica de cola de 108.5 m, mientras que el acceso WBT registraba 83.4 m, así, estas retenciones no sólo dificultaban la visibilidad en el cruce, sino que también se comportaban como verdaderas barreras físicas continuas que impedían el paso hacia calles secundarias, degradando severamente la seguridad vial de todo el entorno comercial. No obstante, con la reingeniería espacial y la implementación del escenario propuesto, se ha logrado mitigar exitosamente este riesgo. Como efecto directo de la optimización semafórica a dos etapas, las colas de los accesos transversales se contrajeron en gran medida, la retención del acceso EBT se redujo a 44.6 m con una mejora del 59%, mientras que el acceso WBT se contrajo a 35.3 m con un 58% de mejora. Más notable aún fue la pacificación conseguida en la vía colectora principal, donde la cola máxima del acceso SBT cayó de 91,6 metros a tan sólo 22,6 metros, lo que representa una optimización del 75%, mientras que la aproximación NBT disminuyó de 91,4 metros a tan sólo 22,0 metros, logrando una rotunda mejora del 76%. Por lo tanto, se comprueba de forma cuantitativa, que el rediseño ha erradicado el alargado efecto de barrera física en el cruce, despejando los frentes de los comercios locales y garantizando una visibilidad óptima y segura para todos los usuarios.

Figura 286

Longitud de cola del percentil 95 por acceso actual VS propuesto



	1	2	3	4
Longitud de cola percentil 95 Actual (m)	108,5	91,6	83,4	91,4
Longitud de cola percentil 95 Propuestol (m)	44,60	22,60	35,30	22,00

Nota. Se muestra gráficamente la longitud de cola del percentil 95 actual VS la longitud de cola del percentil 95 propuesta, Fuente: Elaboración propia.

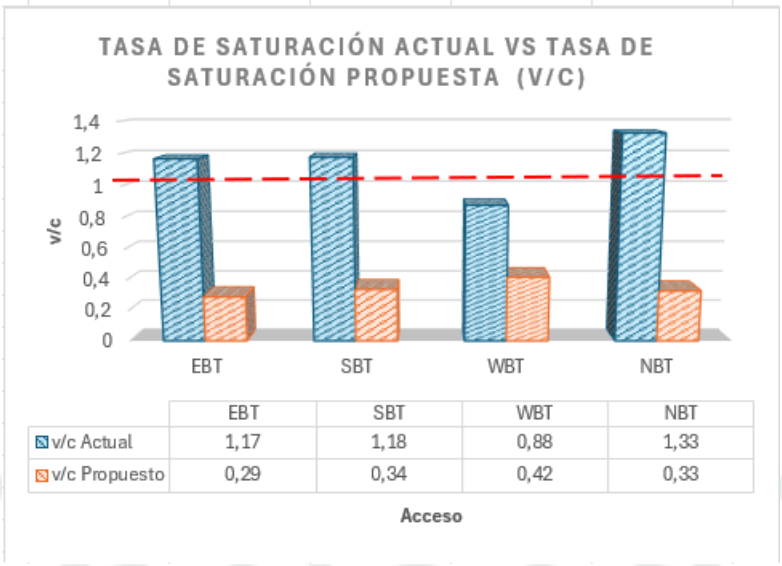
5.1.4.1.5 Tasa de Saturación (v/c)

En el diagnóstico de la Línea Base se pudo constatar que la red trabajaba bajo un estado de sobresaturación, evidenciando el colapso de la capacidad instalada en la mayoría de sus frentes. El caso concreto y actual mostraba que el enfoque NBT exponía el escenario más extremo con una razón de 1.33, o sea que la demanda superaba en un 33% a la capacidad que el semáforo podía evacuar. Por igual, este desbordamiento crónico se replicaba en los accesos SBT con un índice de 1.18 y EBT con 1.17, valores que confirmaban que las colas nunca terminan de disiparse, creando un riesgo latente de maniobras agresivas por parte de los conductores frustrados. Solo el enfoque WBT logró mantenerse por debajo del límite, con una tasa de 0.88. Sin embargo, con la aplicación del diseño propuesto, este colapso sistémico se ha eliminado por completo. Como resultado directo de la optimización, el acceso crítico NBT logró una contundente mejora del 75%, reduciendo su índice de 1.33 al óptimo de 0.33. De forma notable, el acceso SBT logró su pacificación pasando de una relación de 1.18 a un

indicador holgado y eficiente de 0.34, que equivale a un 71% de optimización, del mismo modo, el acceso transversal EBT redujo su tasa de 1.17 a 0.29 lo que representa un progreso del 75 %, por otro lado, el acceso WBT descendió de 0.88 a apenas 0.42 que equivale a una mejora del 52%. Por lo tanto, todos los accesos operan ahora muy por debajo del nivel crítico de fallo de 1.0. Se comprueba cuantitativamente que el sistema tiene capacidad suficiente para evacuar la demanda completa en su tiempo de verde efectivo, eliminando el desbordamiento de colas, garantizando una circulación tranquila y segura.

Figura 287

Tasa de saturación actual VS tasa de saturación propuesta



Nota. Se muestra gráficamente la tasa de saturación actual VS la tasa de saturación propuesta, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.1.6 Nivel de Servicio

En la Línea Base se encontró que la mayoría de los lados de la intersección operaban con un nivel de servicio F deficiente, esta calificación bajo los estándares del Highway Capacity Manual representaba la falla funcional del sistema con flujos forzados, velocidades

mínimas y tiempos de espera impredecibles, una condición crítica que prácticamente ningún acceso lograba evitar, sin embargo, la ejecución del escenario propuesto logró revertir de manera contundente esta deficiencia, a partir de la optimización, la vía colectora principal sufrió una transformación absoluta; los accesos SBT y NBT pasaron del colapso en Nivel de Servicio F al excelente Nivel de Servicio B con fluidez casi ininterrumpida, al mismo tiempo los ejes transversales volvieron a funcionar, se tiene ademas que la aproximación WBT pasó de un crítico Nivel de Servicio E a un notable Nivel de Servicio B y el acceso EBT superó el colapso total pasando del Nivel de Servicio F a estabilizarse en un eficiente Nivel de Servicio C; por tanto, se comprueba cuantitativamente que el rediseño elimina el colapso funcional y garantiza al usuario una experiencia de conducción predecible, fluida y dentro de los márgenes de confort exigidos para el entorno urbano.

Tabla 51

Nivel de servicio actual por acceso VS nivel de servicio propuesto por acceso

Acceso	EBT	SBT	WBT	NBT
LOS ACTUAL	F	F	F	F
LOS PROPUESTO	C	B	B	B

Nota. Se muestra el nivel de servicio actual VS el nivel de servicio propuesto por acceso, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.1.7 Consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Macroscópico

Tabla 52

Consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Macroscópico

Dimensión evaluada	Acceso	Línea Base (Fase Medir)	Escenario Propuesto (Fase Implementar)	% de mejora Lograda	Conclusión
Demora de Control (s/veh)	EBT	147,6	21,4	-86%	MEJORA POSITIVA
	SBT	132,6	12,4	-91%	MEJORA POSITIVA
	WBT	67,9	17,1	-75%	MEJORA POSITIVA
	NBT	158	12,5	-92%	MEJORA POSITIVA
Ratio g/C (%)	EBT	24%	43%	79%	MEJORA POSITIVA
	SBT	25%	45%	80%	MEJORA POSITIVA
	WBT	24%	43%	79%	MEJORA POSITIVA
	NBT	25%	45%	80%	MEJORA POSITIVA
ICU (%)	NODO 1	68,0%	60,3%	-11%	MEJORA POSITIVA
	NODO 2	67,6%	52,2%	-23%	MEJORA POSITIVA
Cola Percentil 95 (m)	EBT	108,5	44,6	-59%	MEJORA POSITIVA
	SBT	91,6	22,6	-75%	MEJORA POSITIVA
	WBT	83,4	35,3	-58%	MEJORA POSITIVA
	NBT	91,4	22	-76%	MEJORA POSITIVA
Relación v/c	EBT	1,17	0,29	-75%	MEJORA POSITIVA
	SBT	1,18	0,34	-71%	MEJORA POSITIVA
	WBT	0,88	0,42	-52%	MEJORA POSITIVA
	NBT	1,33	0,33	-75%	MEJORA POSITIVA
Nivel de Servicio	EBT	F	C		MEJORA POSITIVA
	SBT	F	B		MEJORA POSITIVA
	WBT	E	B		MEJORA POSITIVA
	NBT	F	B		MEJORA POSITIVA

Nota. Se muestra la consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Macroscópico, Fuente: Elaboración propia.

La consolidación cuantitativa de los seis indicadores macroscópicos dictamina el éxito absoluto de la optimización de los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC, transformando un sistema en colapso crónico hacia un estado de fluidez sobresaliente. Este impacto integral se refleja en la evolución directa del Nivel de Servicio, que se elevó drásticamente desde un estado de falla total (niveles F y E en la línea base) hasta márgenes operativos óptimos (niveles B y C en el escenario propuesto) para el conjunto de accesos. Esta

transición cualitativa se basa estrictamente en la mitigación matemática de la sobresaturación estructural, en la que la relación v/c cayó desde niveles críticos superiores a la capacidad física de 1.33 para el acceso NBT y de 1.18 para el acceso SBT hasta un rango holgado de operación entre 0.29 y 0.42, alcanzando tasas de optimización de hasta el 75%; con reducciones máximas del 92% en las demoras de control, contracciones del 76% en las longitudes de cola, liberaciones del 23% en el consumo de capacidad (ICU) y un incremento sostenido del 80% en la asignación del tiempo de verde efectivo (Ratio g/C), los datos determinísticos validan técnica y operativamente la erradicación definitiva de la congestión en la red vial.

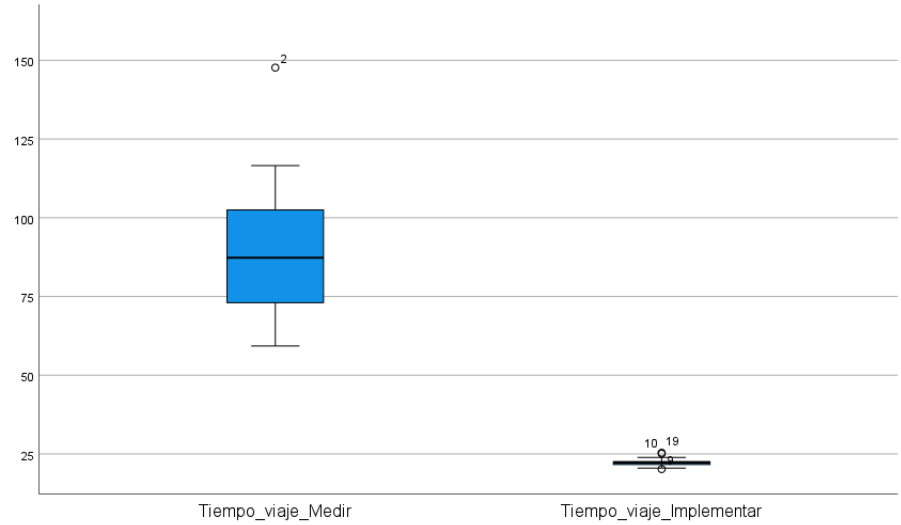
5.1.4.2 Efectividad sobre los Indicadores Microscópicos

5.1.4.2.1 Tiempo de viaje

Los diagramas de caja permiten visualizar mediante un análisis estadístico comparativo el impacto estructural de la intervención sobre el tiempo de viaje; en la fase de diagnóstico "Medir" el gráfico muestra arriba del eje una caja muy ancha, que refleja una gran dispersión intercuartílica, tiempos de recorrido prolongados y una marcada variabilidad acentuada por la presencia de un valor atípico en el extremo superior. En un evidente contraste, el escenario optimizado "Implementar" muestra una contracción prácticamente total de la caja, la cual se ubica en la zona inferior del eje con una dispersión muy pequeña y valores atípicos concentrados muy cerca del límite superior. La notable reduccion de la línea de la mediana y esta significativa compresión visual confirman la estabilización del flujo vehicular, evidenciando gráficamente que las contramedidas aplicadas pudieron homogeneizar los tiempos de recorrido y eliminar la inestabilidad operativa en la red.

Figura 288

Boxplot tiempo de viaje



Nota. Se el grafico Boxplot tiempo de viaje, Fuente: Elaboración propia.

La distribución de normalidad del indicador tiempo de viaje de las 20 iteraciones estocásticas extraídas de SimTraffic se evaluó mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk. Con un nivel de significancia de 0.05 los resultados demostraron numéricamente que ambos escenarios siguen una distribución normal. En la fase Medir (línea base) el estadístico tuvo un valor de 0,949 con una significancia de 0,353, mientras que el escenario propuesto luego de la optimización (fase Implementar) tuvo un estadístico de 0,914 con una significancia de 0,076. Al ser ambos valores estrictamente superiores al umbral de 0.05 se acepta la hipótesis nula de normalidad, sentenciando la validez matemática para aplicar la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas en la evaluación del indicador en mención.

Figura 289

Prueba de normalidad tiempo de viaje

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo_viaje_Medir	,108	20	,200*	,949	20	,353
Tiempo_viaje_Implementar	,238	20	,004	,914	20	,076

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

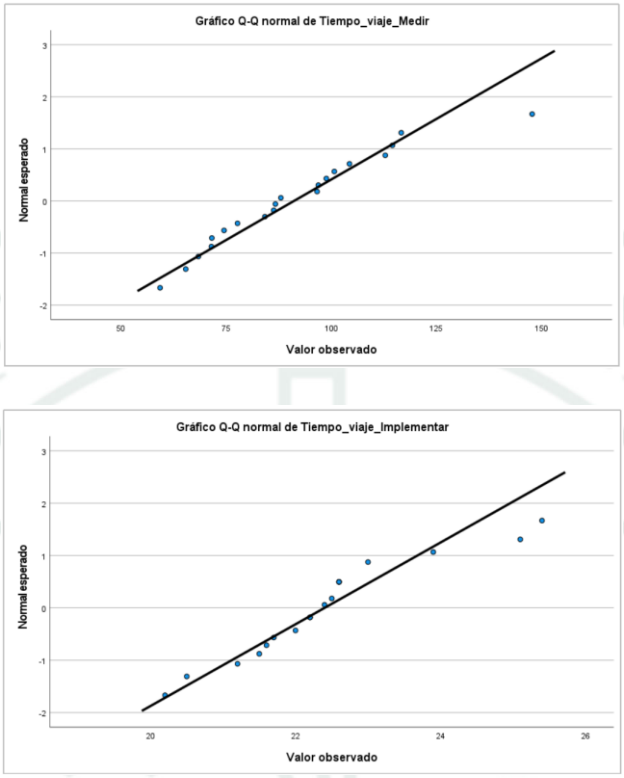
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Se muestra la Prueba de normalidad tiempo de viaje, Fuente: Elaboración propia.

El análisis visual de los gráficos Q-Q Normal correspondientes a ambos escenarios confirma de manera categórica la simetría estadística observada; pues como se observa en los diagramas de dispersión generados los tiempos de simulación se superponen de manera consistente y estrecha sobre la línea diagonal teórica que representa la distribución normal esperada; esta acumulación de puntos sobre la línea central sin curvas extrañas o valores máximos o mínimos que alteren los bordes confirma visualmente la estabilidad de los datos y garantiza que las conclusiones sobre el funcionamiento del sistema vial no sean afectadas por oscilaciones aleatorias o extremas; esa acumulación de puntos sobre la línea central y la ausencia de curvas raras o valores muy desviados que estiren los bordes, confirman visualmente la estabilidad de los datos, y aseguran que las conclusiones sobre el funcionamiento del sistema vial no se vean condicionadas por oscilaciones fortuitas y extremas.

Figura 290

Gráfico de dispersión tiempo de viaje



Nota. Se el grafico de dispersión tiempo de viaje, Fuente: Elaboración propia.

Una vez comprobada la suposición de normalidad en la distribución de las iteraciones aleatorias se realizó la Prueba paramétrica T de Student para muestras dependientes con el fin de comprobar la significancia estadística de la mejora del indicador microscópico de Tiempo de Viaje. El contraste se hizo evaluando la diferencia de medias entre la fase Medir (línea base) y la fase Implementar (escenario propuesto luego de optimizar los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC).

Figura 291

Prueba de muestras emparejadas tiempo de viaje

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Tiempo_viaje_Medir - Tiempo_viaje_Implementar	68,72500	21,43813	4,79371	58,69164	78,75836	14,336	19	<,001

Nota. Se muestra la Prueba de muestras emparejadas tiempo de viaje, Fuente: Elaboración propia.

El estadístico del análisis inferencial fue t = 14.336 con 19 grados de libertad (gl) y p < 0.001 de significancia bilateral. Por ser el valor p estrictamente inferior al nivel de riesgo alfa establecido (p< 0,05), se rechaza tajantemente la hipótesis nula (H-0) y se adopta la hipótesis alterna (H-1). Con un 95% de confianza se comprueba que la caída promedio de 68,72 unidades del tiempo total de viaje de la red no es debida a fluctuaciones aleatorias de la simulación, sino que es efecto directo y matemáticamente demostrado del rediseño. Además, la evaluación del tamaño del efecto con la métrica d de Cohen arrojó un valor de 3.206, confirmando que la magnitud de la mejora alcanzada sobre la fluidez vehicular es masiva, rebasando ampliamente el umbral estadístico de alta efectividad.

Figura 292

Tamaño de efecto tiempo de viaje

Tamaños de efecto de muestras emparejadas

					Intervalo de confianza al 95%	
			Standardizer[a]	Estimación de puntos	Inferior	Superior
Par 1	Tiempo_viaje_Medir - Tiempo_viaje_Implementar	d de Cohen	21,43813	3,206	2,097	4,300
		corrección de Hedges	21,87318	3,142	2,055	4,215

a. El denominador utilizado en la estimación de tamaños del efecto.
La d de Cohen utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias.
La corrección de Hedges utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias, más un factor de corrección.

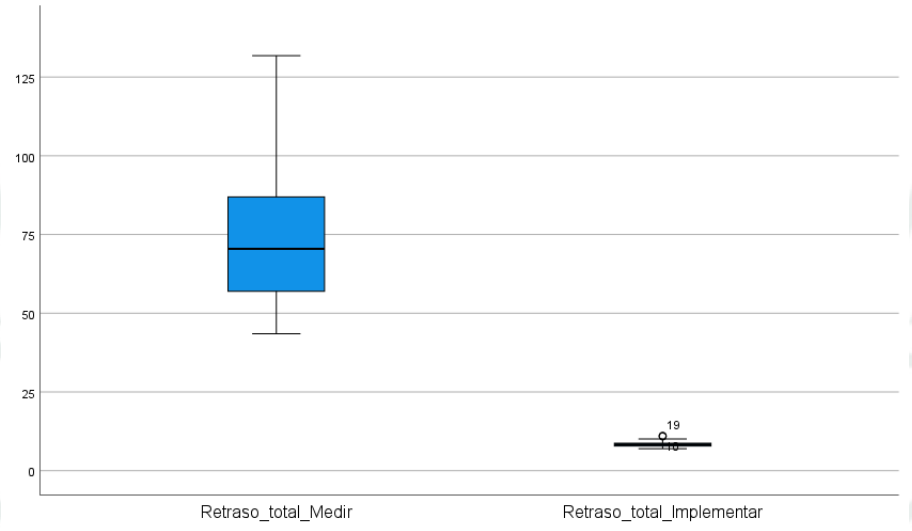
Nota. Se muestra el Tamaño de efecto tiempo de viaje, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2.2 Retraso total

El análisis estadístico comparativo muestra de forma visual la drástica disminución de la ineficiencia temporal del sistema en función del Retraso total, siendo durante la fase de diagnóstico el diagrama con una caja de gran amplitud y un bigote superior significativamente alargado, lo que pone de relieve una severa dispersión intercuartílica y fluctuaciones extremas en los tiempos perdidos por los vehículos. En un marcado contraste bajo el escenario optimizado se observa una compresión prácticamente total de la caja que desciende abruptamente hacia el límite inferior del eje vertical con una variabilidad estocástica prácticamente nula y limitando los valores atípicos a un margen muy acotado.

Figura 293

Boxplot retraso total



Nota. Se muestra el grafico Boxplot retraso total, Fuente: Elaboración propia.

Se evaluó la distribución de las 20 iteraciones estocásticas mediante la prueba de Shapiro-Wilk. En la fase Medir (línea base), se comprobó la normalidad del estadístico, el cual fue de W=0.936 con una significancia de p=0.203. Sin embargo, la situación después de

optimizar los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC (fase Implementar) arrojó un estadístico de W=0.882 con un p= 0.019. Como este valor es claramente menor que el umbral crítico de 0,05, se afirma que este segundo grupo no tiene una distribución normal y, por tanto, desde el punto de vista matemático, para que el razonamiento inferencial sea correcto, hay que sustituir la prueba paramétrica por su equivalente no paramétrica.

Figura 294

Prueba de normalidad retraso total

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Retraso_total_Medir	,143	20	,200*	,936	20	,203
Retraso_total_Implementar	,211	20	,020	,882	20	,019

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

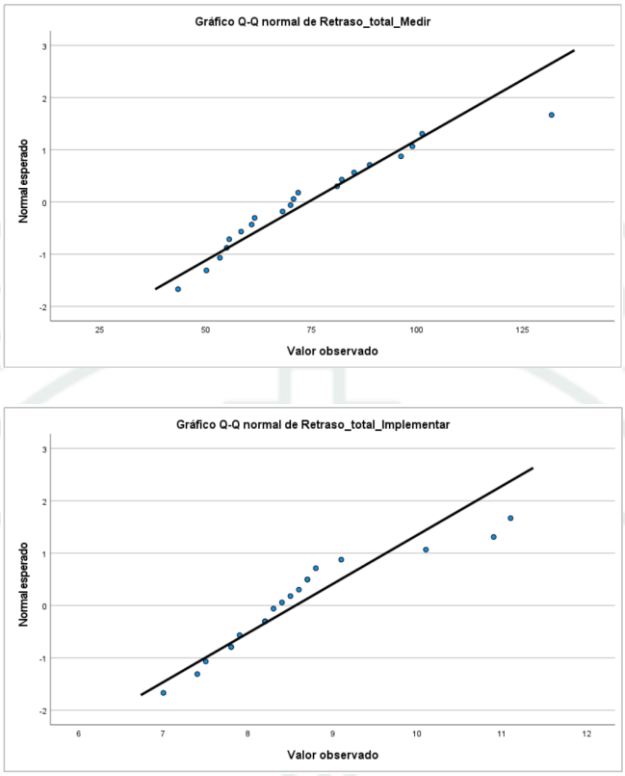
Nota. Se muestra la Prueba de normalidad retraso total, Fuente: Elaboración propia.

Esta asimetría estadística queda en evidencia en los gráficos Q-Q Normal; los valores del escenario actual muestran una convergencia simétrica con respecto a la recta teórica, mientras que la dispersión del escenario propuesto exhibe una desviación notable en los cuantiles superiores, lo que confirma visualmente el comportamiento atípico que justifica el cambio de estadístico.

.

Figura 295

Gráfico de dispersión retraso total



Nota. Se muestra el Gráfico de dispersión retraso total, Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la Prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras dependientes, respetando escrupulosamente los supuestos estadísticos. La prueba de diferencia inferencial dio un estadístico Z = -3.920 para los rangos positivos, con nivel de significancia bilateral asintótica $p < 0.001$. Como p es claramente menor que el nivel de riesgo de 0.05, rechazamos la hipótesis nula (H-0) sin lugar a dudas; lo cual indica que con un 95% de confianza la mitigación del retraso total en la red vial no es una consecuencia fortuita de la simulación estocástica, sino el directo, contundente y estadísticamente significativo resultado de la optimización de los parámetros de control.

Figura 296

Tamaño de efecto retraso total

Estadísticos de prueba[a]

	Retraso_total_Implementar - Retraso_total_Medir
Z	-3,920[b]
Sig. asin. (bilateral)	<,001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

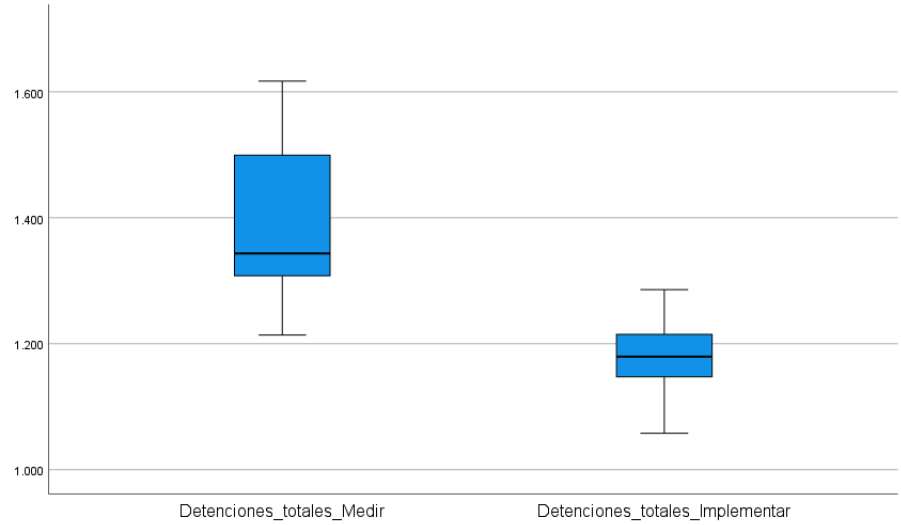
Nota. Se muestra el Tamaño de efecto retraso total, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2.3 Detenciones totales

El análisis comparativo evidencia de forma gráfica la mitigación del fenómeno de paradas en la red respecto a las Detenciones totales. Durante la fase de diagnóstico “Medir”, el gráfico exhibe una caja de amplia extensión vertical y bigotes pronunciados, lo que refleja una alta dispersión intercuartílica y una marcada inestabilidad estocástica en el número de interrupciones vehiculares. En contraste, bajo el escenario optimizado “Implementar”, se observa una notable contracción de la caja y un descenso evidente de la línea de la mediana hacia un rango numérico inferior.

Figura 297

Boxplot detenciones totales



Nota. Se muestra el grafico Boxplot detenciones totales, Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk a nivel de significancia de 0.05 para evaluar la normalidad de las 20 iteraciones estocásticas, durante la fase Medir el estadístico dio un valor de W=0.947 con una significancia de p = 0.331; igualmente de manera análoga durante la fase Implementar se registró un estadístico de W=0.975 con un p=0.857; al ser ambos valores de significancia estrictamente mayores que el umbral crítico de 0.05, se acepta la hipótesis nula, lo que confirma matemáticamente que ambas muestras tienen una distribución normal y permite el uso de la Prueba T de Student.

Figura 298

Prueba de normalidad detenciones totales

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Detenciones_totales_Medir	,187	20	,065	,947	20	,331
Detenciones_totales_Implementar	,112	20	,200*	,975	20	,857

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

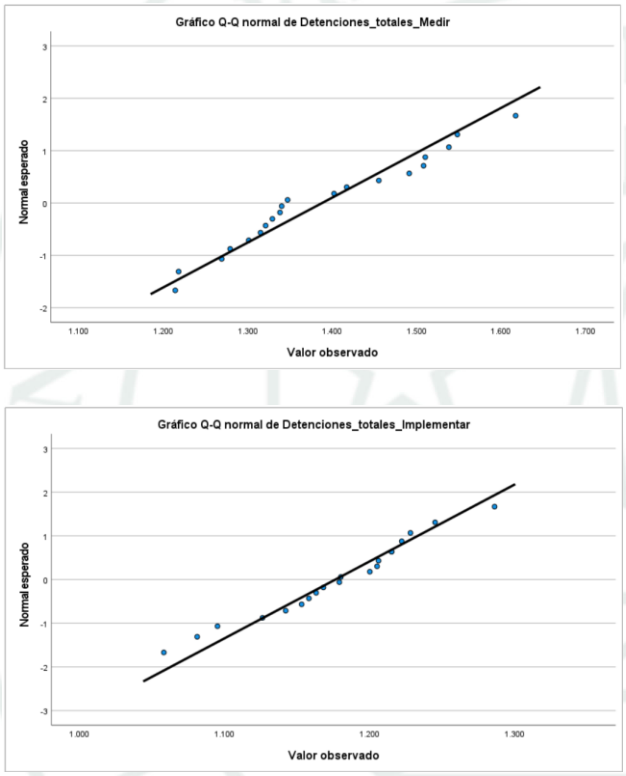
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Se muestra la Prueba de normalidad detenciones totales, Fuente: Elaboración propia.

Esta simetría estadística se corrobora visualmente de forma clara mediante los gráficos Q-Q Normal. Se evidencia en ambos escenarios que los valores observados en las iteraciones de simulación convergen de manera estrecha y consistente hacia la recta diagonal teórica esperada, lo que descarta la presencia de severas dispersiones atípicas.

Figura 299

Gráfico de dispersión detenciones totales



Nota. Se muestra el gráfico de dispersión detenciones totales, Fuente: Elaboración propia.

Validado el supuesto estadístico, se ejecutó la Prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas. El análisis inferencial arrojó un estadístico t = 6.699 con 19 grados de libertad y un nivel de significancia bilateral $p < 0.001$. Como el valor p es totalmente menor al nivel de riesgo de 0.05, se rechaza rotundamente la hipótesis nula, evidenciando con un 95% de confianza que la optimización de los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC, consiguió una reducción promedio estadísticamente significativa de 211.60 detenciones

vehiculares totales en la intersección.

Figura 300

Prueba de muestras emparejadas detenciones totales

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Detenciones_totales_Medir - Detenciones_totales_Implementar	211,60000	141,26064	31,58684	145,48799	277,71201	6,699	19	<,001

Nota. Se muestra la Prueba de muestras emparejadas detenciones totales, Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente, el tamaño del efecto, medido mediante la métrica d de Cohen, registró un valor contundente de 1.498, lo que confirma que la magnitud de la optimización lograda en la continuidad del flujo vehicular supera holgadamente el umbral de alta efectividad.

Figura 301

Tamaño de efecto detenciones totales

Tamaños de efecto de muestras emparejadas

			Standardizer[a]	Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95%	
					Inferior	Superior
Par 1	Detenciones_totales_Medir - Detenciones_totales_Implementar	d de Cohen	141,26064	1,498	,844	2,133
		corrección de Hedges	144,12727	1,468	,827	2,091

a. El denominador utilizado en la estimación de tamaños del efecto.
La d de Cohen utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias.
La corrección de Hedges utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias, más un factor de corrección.

Nota. Se muestra el Tamaño de efecto detenciones totales, Fuente: Elaboración propia.

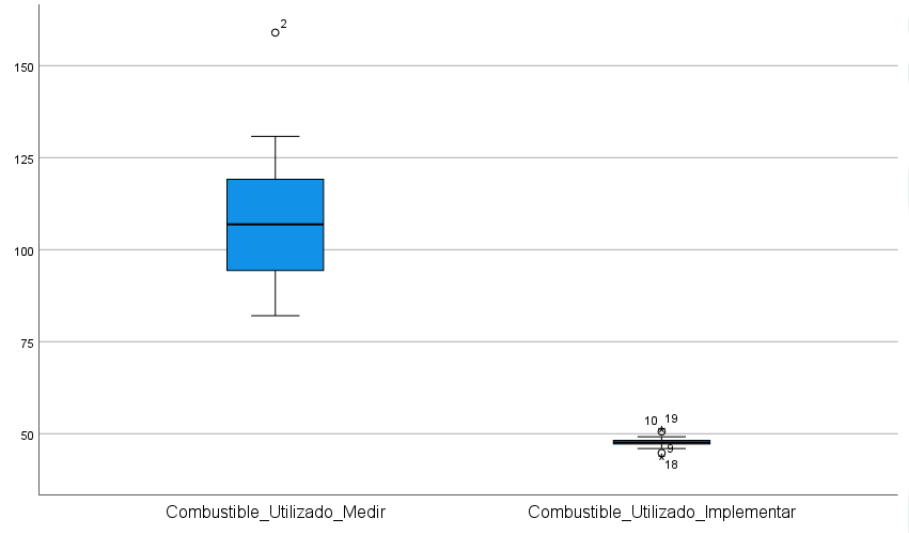
5.1.4.2.4 Combustible utilizado

El análisis comparativo, de forma gráfica, del impacto de la intervención en la eficiencia de la red en función del combustible utilizado; en el gráfico de la fase de diagnóstico “Medir”, la caja tiene una gran longitud vertical y la mediana está elevada (cerca de los 105 litros) lo

que indica una dispersión intercuartílica muy importante y la existencia de un valor atípico extremo por la parte de arriba, reflejando picos de disipación energética y un consumo muy inestable; por otro lado en marcado contraste, bajo el escenario optimizado “Implementar” la caja cae bruscamente al umbral de los 48 litros, con una compresión casi absoluta de la estructura gráfica.

Figura 302

Boxplot combustible utilizado



Nota. Se muestra el grafico Boxplot combustible utilizado, Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de las 20 iteraciones estocásticas (nivel de significancia de 0.05); en la fase Medir (línea base) el estadístico dio W=0.948 con una significancia de p=0.344. En tanto, en la fase Implementar (escenario propuesto) se arrojó un estadístico de W = 0.934, con un p = 0.185; al ser ambos valores de p estrictamente mayores al nivel de significancia de 0.05, se acepta la hipótesis nula, confirmando de manera rigurosa que las muestras de ambos escenarios siguen una distribución normal y se puede proceder a aplicar la Prueba T de Student.

Figura 303

Boxplot combustible utilizado

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Combustible_Utilizado_Medir	,103	20	,200*	,948	20	,344
Combustible_Utilizado_Implementar	,187	20	,067	,934	20	,185

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

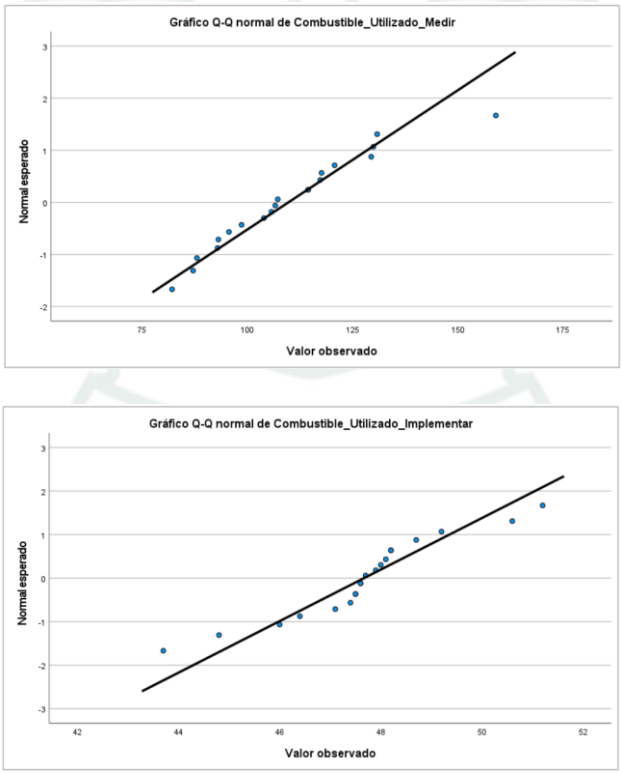
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Se muestra el grafico Boxplot combustible utilizado, Fuente: Elaboración propia.

La estabilidad estadística se comprueba visualmente mediante los gráficos Q-Q Normal; en los gráficos de dispersión presentados para ambas situaciones los valores de consumo simulado se agrupan de forma estrecha y directa sobre la recta diagonal teórica, esto pone de manifiesto una simetría libre de valores atípicos que puedan sesgar el contraste.

Figura 304

Gráfico de dispersión combustible utilizado



Nota. Se muestra el Gráfico de dispersión combustible utilizado, Fuente: Elaboración propia.

Una vez comprobada la normalidad, se realizó la Prueba T de Student para muestras pareadas. El análisis dio como resultado un estadístico t = 15.048 con 19 grados de libertad y una probabilidad bilateral p < 0.001; el p-valor fue claramente menor al nivel de riesgo de 0.05, por lo tanto, la hipótesis nula fue rechazada tajantemente, evidenciando con un nivel de confianza del 95% que la reestructuración semafórica tuvo como resultado una disminución promedio del consumo de combustible estadísticamente significativa de 62.04 unidades.

Figura 305

Prueba de muestras emparejadas combustible utilizado

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior	Superior			
Par 1	Combustible_Utilizado_Medir - Combustible_Utilizado_Implementar	62,04500	18,43893	4,12307	53,41531	70,67469	15,048	19	<,001

Nota. Se muestra la Prueba de muestras emparejadas combustible utilizado, Fuente: Elaboración propia.

A la par, el tamaño del efecto evaluado con la d de Cohen registró un contundente valor de 3.365, certificando que la magnitud de la mejora en la eficiencia energética de la intersección es alta.

Figura 306

Tamaño de efecto combustible utilizado

Tamaños de efecto de muestras emparejadas

			Standardizer[a]	Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95% Inferior	Superior
Par 1	Combustible_Utilizado_Medir - Combustible_Utilizado_Implementar	d de Cohen	18,43893	3,365	2,210	4,506
		corrección de Hedges	18,81312	3,298	2,166	4,416

a. El denominador utilizado en la estimación de tamaños del efecto.
La d de Cohen utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias.
La corrección de Hedges utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias, más un factor de corrección.

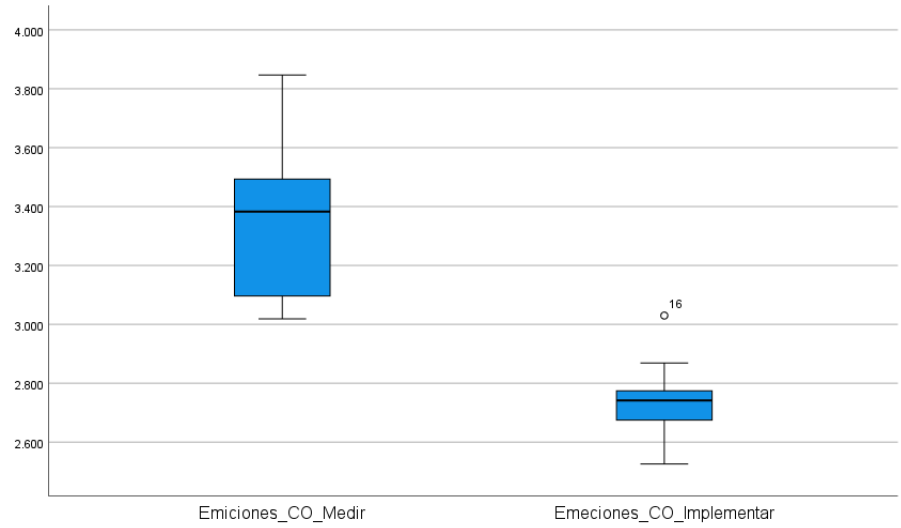
Nota. Se muestra el Tamaño de efecto combustible utilizado, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2.5 Emisiones CO

El análisis comparativo pevidencia visualmente el impacto de la intervención paramétrica sobre la huella ecológica de la red respecto a las Emisiones de CO; pues en el gráfico de fase de diagnóstico “Medir”, se muestra una caja de gran longitud vertical y una mediana alta (aproximadamente 3.400), lo que indica una gran dispersión intercuartílica y una producción muy inestable de gases contaminantes; situacion muy distinta al escenario optimizado de la fase “Implementar” presenta una caída abrupta de la estructura gráfica hacia el rango de los 2.750, con una considerable compresión de la caja, minimizando la variabilidad estocástica y mostrando apenas un ligero valor atípico.

Figura 307

Boxplot emisiones CO



Nota. Se muestra el grafico Boxplot emisiones CO, Fuente: Elaboración propia.

Las 20 repeticiones aleatorias se sometieron al ensayo de Shapiro-Wilk, al nivel de significancia de 0.05. En la evaluación de la fase Medir (línea base), se obtuvo un estadístico de W = 0.929 con un valor de p = 0.145. En secuencia, el escenario de fase Implementar (propuesta optimizada) tuvo un estadístico de W=0.937 y un p=0.211. Como los niveles de significancia en ambas fases son estrictamente superiores al umbral crítico de 0.05, se acepta

la hipótesis nula, demostrando de forma irrefutable que los datos siguen una distribución normal y atestiguando la validez matemática para aplicar la Prueba T de Student.

Figura 308

Prueba de normalidad emisiones CO

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Emiciones_CO_Medir	,174	20	,114	,929	20	,145
Emeciones_CO_Implementar	,171	20	,127	,937	20	,211

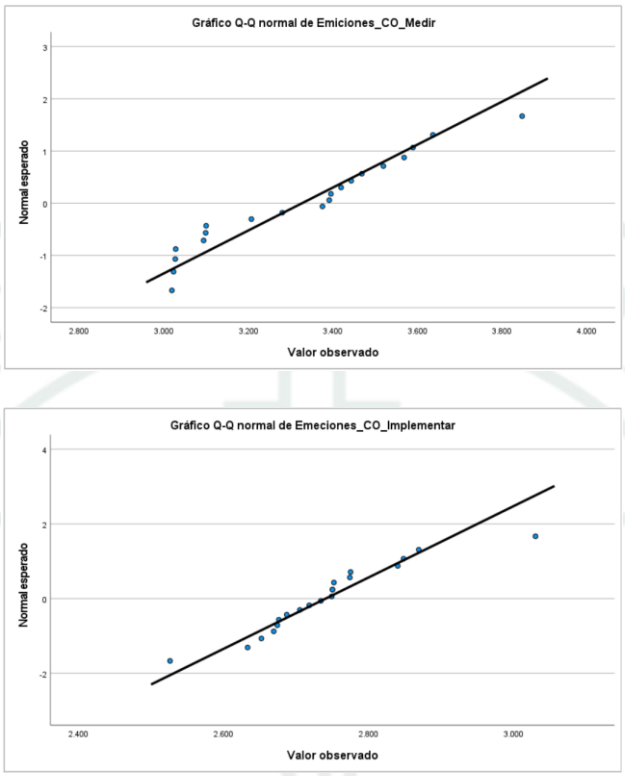
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Se muestra la prueba de normalidad emisiones CO, Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos Q-Q Normal presentados ilustran claramente esta simetría estocástica, puesto que en ambas representaciones de escenarios la dispersión de los niveles de emisión simulados se adhiere de forma constante y lineal a la recta teórica esperada descartando sesgos estructurales o la presencia de valores atípicos extremos que pudieran invalidar la comparativa de medias.

Figura 309

Gráfico de dispersión emisiones CO



Nota. Se muestra el Gráfico de dispersión emisiones CO, Fuente: Elaboración propia.

Bajo el cumplimiento absoluto de los supuestos de normalidad, se procedió a ejecutar la Prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas. El análisis inferencial arrojó un estadístico t = 10.412 con 19 grados de libertad y un nivel de significancia bilateral p < 0.001. Al ser este p-valor absolutamente inferior al riesgo de 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H-0$), demostrando con un 95% de confianza que la optimización de los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC generó una reducción media estadísticamente significativa de 585.80 unidades en las emisiones de CO.

Figura 310

Prueba de muestras emparejadas emisiones CO

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Emiciones_CO_Medir - Emeciones_CO_Implementar	585,80000	251,62014	56,26397	468,03815	703,56185	10,412	19	<,001

Nota. Se muestra la Prueba de muestras emparejadas emisiones CO, Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el cálculo del tamaño del efecto mediante la d de Cohen registró un valor contundente de 2.328, validando que la mitigación del impacto ambiental en la intersección es de alta magnitud.

Figura 311

Tamaño de efecto emisiones CO

Tamaños de efecto de muestras emparejadas

			Standardizer[a]	Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95%	
					Inferior	Superior
Par 1	Emiciones_CO_Medir - Emeciones_CO_Implementar	d de Cohen	251,62014	2,328	1,465	3,175
		corrección de Hedges	256,72632	2,282	1,435	3,112

a. El denominador utilizado en la estimación de tamaños del efecto.
La d de Cohen utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias.
La corrección de Hedges utiliza la desviación estándar de muestra de la diferencia de medias, más un factor de corrección.

Nota. Se muestra el Tamaño de efecto emisiones CO, Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2.6 Consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Microscópico

Tabla 53

Consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Microscópico

Dimensión evaluada	Prueba de hipótesis	P	Estadístico	Tamaño de efecto	Reducción de medías	Conclusión
Tiempo de viaje (Hr)	T de Student	< 0.001	t=14.336	d=3.206 (Masivo)	68.72	Mejora significativa
Retraso total (Hr)	Wilconxon	< 0.001	Z= -3.920	r=0.62 (Grande)	65.68	Mejora significativa
Detenciones totales (und)	T de Student	< 0.001	t=6.699	d=1.498 (Grande)	211.60	Mejora significativa
Combustible utilizado (L)	T de Student	< 0.001	t=15.048	d=3.365 (Masivo)	62.04	Mejora significativa
Emisiones CO (gr)	T de Student	< 0.001	t=10.412	d=2.328 (Masivo)	585.80	Mejora significativa

Nota. Se muestra la consolidación de Efectividad sobre el Desempeño Microscópico, Fuente: Elaboración propia.

La consolidación inferencial de los cinco indicadores evaluados mediante SimTraffic demuestra con absoluto rigor estadístico el éxito de la optimización de los parámetros de control bajo el enfoque DMAIC. Tras el filtro metodológico de Shapiro-Wilk para determinar la ruta analítica correcta, la contrastación de medias mediante la paramétrica T de Student y la no paramétrica de Wilcoxon, arrojó unánimemente niveles de significancia $p < 0.001$ para todas las variables estudiadas. Siendo estrictamente inferiores al nivel de riesgo de error del 5%, se rechazan categóricamente todas las hipótesis nulas, certificando con un 95% de confianza que la caída drástica de los indicadores de fricción no es atribuible a fluctuaciones aleatorias del simulador, sino a una mejora de la red vial proporcionada por la nueva parametrización. La evaluación transversal de los tamaños de efecto demuestra lo grande que es esta efectividad. En estadística inferencial, para las pruebas paramétricas (T de Student), la métrica d de Cohen superó ampliamente el umbral de 0.8 que indica un efecto alto, arrojando valores atípicos por su gran magnitud, que oscilaron entre 1.498 y unos sobresalientes 3.365. En el otro lado, el

coeficiente r en el test no paramétrico de Wilcoxon fue 0.62, mucho más allá del umbral de 0.5 que define un efecto como masivo; en términos operacionales, esta contundencia estadística se traduce en una mitigación media de 211,60 detenciones vehiculares y en la supresión de 68,72 unidades de tiempo de viaje, erradicando el fenómeno de parada y arranque continuo que colapsaba la intersección. Además, el impacto colateral aseguró la sustentabilidad del proyecto al disminuir el consumo energético en 62.04 unidades y evitar la emisión de 585.80 unidades de monóxido de carbono, concluyendo que el modelo propuesto es operativamente fluido y ecológicamente sostenible.

5.2 Discusión de resultados

- En relación con el diagnóstico de desempeño operativo base. La simulación arrojó resultados que evidenciaron un colapso operacional de la red vial. En el acceso norte, el tiempo de espera en el control alcanzó macroscópicamente 158,0 s/veh, con tasas de saturación (v/c) de hasta 1,33, lo que determinó un generalizado Nivel de Servicio (LOS) F. A nivel microscópico, el modelo arrojó un promedio de 1387.85 detenciones originadas por el fenómeno stop-and-go. Estas métricas cuantificadas que confirman el problema detectado, indican que el desempeño operativo actual tiene deficiencias operativas tanto en movilidad, eficiencia, seguridad como en calidad del servicio. Este grado de inestabilidad transgrede directamente el principio de "Carga de Trabajo", sometiendo al conductor a continuas paradas inesperadas y sobreexposición de información, incrementando el riesgo de "errores en accidentes por alcance" y disminuyendo su tiempo de percepción-reacción en el área de intersección, de conformidad con lo establecido en el Manual de Seguridad Vial del MTC (2017).

  Esta deficiencia observada se explica principalmente con el análisis del Índice de

Capacidad Utilizada (ICU), que mostró que en ambos nodos todavía existe margen de capacidad geométrica residual en la intersección mayor al 32%. De modo que el atasco crónico no provenía de una deficiencia estructural física, sino de la homogeneidad negativa del cociente g/C (0,25). Ello significa que el 75% del tiempo útil estaba bloqueado con la infraestructura en fase roja. En teoría, ese comportamiento se encuentra en los preceptos del Highway Capacity Manual (HCM 2022). Los resultados de la comparación de esta medición con la literatura internacional apoyan lo afirmado por Zhang y Awasthi (2016) y Lemke et al. (2021) quienes afirman que el desempeño vial está fuertemente influenciado por la configuración operativa temporal y no solamente por la fortaleza de la infraestructura. Este punto de vista teórico coincide perfectamente con la Sección 2.9 (Gestión de Seguridad Vial) del manual del MTC, que establece que la "Gestión de Tránsito" debe mantener la capacidad y elevar la fiabilidad del sistema en su totalidad a través de la regulación eficaz de las intersecciones, sin basarse solamente en inversiones físicas.

Al hacer la comparación con trabajos anteriores, se puede ver que los estudios nacionales, tales como los de Mendoza (2023) y Salazar (2019), tienden a elegir intervenciones geométricas y ensanches físicos de la infraestructura, en vez de hacer diagnósticos de los niveles de servicio (LOS F). Esta preferencia se debe a las distintas metodologías empleadas; en este marco se empleó la evaluación con simuladores paramétricos (Silvera, 2020) bajo el rigor de calidad industrial Six Sigma, este enfoque permitió aislar el retraso y definirlo como un defecto del proceso temporal, demostrando que proponer ampliaciones de carriles cuando existe capacidad instalada ociosa es técnicamente y económicamente ineficiente para las condiciones locales del flujo. Además, esta optimización estrictamente

paramétrica cumple con la premisa de “Diseño para la satisfacción del usuario” (Sección 1.7.4 del MTC), lo cual implica que la ingeniería de tráfico moderna debe limitar los grados de libertad del usuario, restringiendo conflictos y organizando flujos mediante fases eficientes, en lugar de sobredimensionar y pavimentar más áreas de la calzada.

- El análisis de causas raíz, identificó por qué fallaban los parámetros de control. Se utilizó el diagrama de Ishikawa (enfoque 6M) y su peso en el diagrama de Pareto y se pudo ver que el problema estaba en tres factores. En primer lugar, las vías alternativas no eran viables frente a una geometría restrictiva, lo que significó el 26,79 %. En segundo lugar, el ciclo semafórico de cuatro fases era ineficiente, con un 23,81 %. En tercer lugar, había deficiencias en la señalización reguladora que se sumaron en un 18,75 %. Este orden facilitó el análisis. Comprobó que la disfunción del nodo venía de problemas en la programación del tiempo y de conflictos en los giros por la geometría.

  La lectura de la matriz de criticidad permitió despejar la causa del embotellamiento. La simulación reveló que la eliminación del bloqueo provocado por el transporte público solo conseguía bajar la tasa de saturación hasta 1,23. De esta forma, la vía permanecía en LOS F. Esto indica que la ineficiencia del sistema se debe al estrangulamiento temporal del flujo mixto bajo un ciclo inoperante de 98 segundos y a la falta de uso de las calzadas conectoras. Este resultado concuerda con lo señalado por Kuvvetli y Firuzan (2019), quienes verificaron que la combinación de Ishikawa y Pareto en el ciclo DMAIC permite aislar variables estocásticas. Esto también respalda los resultados de Lemke et al. (2021), quienes demostraron que cambiar las restricciones de forma táctica mejora el flujo, sin necesidad de realizar

obras civiles.

La diferencia con estudios como el de Ayllón (2024) que utilizan métricas perceptuales de tipo social está en la metodología, que aplica un control estadístico de procesos. Al aplicar Pareto se demostró que el 70% del conflicto operativo se debía a variables de "Método" y "Materiales". No es lo mismo que la costumbre de sugerir ampliaciones físicas. De este modo, se afirma que el cumplimiento de los parámetros de control es una medida prioritaria y preventiva frente a las limitaciones de espacio.

- En el diseño de la propuesta de optimización los resultados macroscópicos del escenario presentado mostraron una estabilización de la red, se evidencio que la demora máxima de control se redujo a 21,4 s/veh, permitiendo de este modo que la intersección pasara al Nivel de Servicio B y C; la tasa de saturación máxima se redujo a 0,42 y el Índice de Capacidad Utilizada (ICU) mostró holguras de hasta 39,7 %.

  La conducta óptima se explica con la redistribución de los movimientos conflictivos y la aplicación del método de Webster. Se consiguió una sincronización que estabilizó el flujo, al hacer salir los giros a la izquierda y programar un ciclo de 60 segundos bifásico con desfase de 10 segundos. En teoría, esto está de acuerdo con lo señalado por Lemke et al. (2021) quienes plantean que la restricción táctica de giros favorece la logística sin necesidad de nueva infraestructura. Asimismo, el modelo semafórico se alinea con los resultados obtenidos por Zhang & Awasthi (2016) y Qayyum et al. (2021) en los que se comprueba que la fase "Mejorar" del DMAIC ayuda a implantar controles que preservan la fluidez.

  Lo que lo diferencia del enfoque de autores nacionales (Mendoza, 2023; Salazar,

2019) es la incorporación de herramientas de mejora continua, pues a diferencia de la ingeniería tradicional, que se enfrenta a la capacidad de forma estática, en la presente propuesta se realiza una reasignación temporizada del derecho de paso para adaptar el flujo a la sección transversal existente, validando que el rediseño operacional es una alternativa estructurada y de menor invasión.

- En relación con la efectividad de la optimización, se verificó comparando con la línea base el escenario optimizado. Esto demostró una importante disminución del colapso operacional. En gran escala, la mayor demora en el acceso NBT se redujo de 158,0 a 12,5 s/veh, lo que representa una mejora del 92,09 %. Los valores de significancia de $p < 0.001$ fueron obtenidos mediante las pruebas T de Student y Wilcoxon a nivel inferencial. Esto proporciona evidencia estadística a favor de la cuarta hipótesis, y sugiere que las mejoras observadas difícilmente pueden atribuirse al azar.

  Estos resultados adquieren relevancia práctica cuando se interpretan los tamaños del efecto. Se obtuvieron valores de d de Cohen hasta de 3.365. Esto indica un efecto enormemente grande. El coeficiente r de Wilcoxon fue de 0.62, lo cual se clasifica como un efecto grande. Los principios del control semafórico explican la mejora observada. La redistribución temporal y el incremento del ratio g/C al 45%, permitieron estabilizar la cinemática vehicular. Con ello se lograron reducir en promedio 211.60 detenciones continuas vehiculares. Con la micro simulación vehicular se estimó que se logra ahorrar 62.04 litros de consumo energético y evitar la emisión de 585.80 gramos de CO por ciclo.

  Al contrastar estos resultados con el estado del arte, se observa que los estudios nacionales revisados priorizan intervenciones geométricas y ampliaciones físicas de

la infraestructura. Por otra parte, este trabajo pone de relieve estrategias de optimización operacional y gestión temporal del derecho de paso. La variación en los resultados se debe a los diferentes niveles de congestión iniciales que se consideraron y a la aplicación del enfoque DMAIC. Esto está en concordancia con la literatura internacional (Qayyum et al., 2021). El DMAIC es una metodología eficiente para reducir la variabilidad en las operaciones.

- El objetivo general, fue determinar si la intervención DMAIC contribuyó a mejorar el desempeño operativo de la intersección. Los resultados mostraron un cambio importante. El sistema superó la situación de falla total (LOS F y E), consiguiendo niveles estables (LOS B y C). La reducción de tiempos, la menor cantidad de paradas y la disminución de las externalidades ambientales estimadas por el simulador permitieron validar formalmente la hipótesis general alterna.

  El éxito del modelo radica en el hecho de que el enfoque DMAIC operó como un sistema dinámico de control. Al tipificar como defecto del proceso el retraso excesivo, se pudo comprobar que la saturación inicial no se debía principalmente a falta de capacidad geométrica instalada. Sino que era consecuencia de una asignación ineficiente del derecho de paso. La literatura internacional está de acuerdo con este mecanismo. Qayyum y cols. (2021) confirman la resiliencia del ciclo DMAIC en la mejora de procesos urbanos complejos. También, Lemke et al. (2021) y Zhang & Awasthi (2016) demuestran que priorizando factores críticos se logran mantener flujos continuos sin realizar expansiones civiles invasivas.

  Al contrastar la investigación con el estado del arte nacional (Mendoza, 2023. Salazar, 2019. Ayllón, 2024), las diferencias se explican por el marco conceptual empleado. Mientras la respuesta común se centra en la obra civil, esta tesis

incorpora la micro simulación en una línea de calidad industrial centrada en el "Método" y la configuración de variables temporales.

CONCLUSIONES

PRIMERA. Se aceptó estadísticamente la hipótesis general de la investigación, confirmándose, con un nivel de significancia de $p < 0.001$, que la intervención basada en la metodología DMAIC mejoró significativamente el desempeño operativo de la intersección de la Av. Camaná y C. Cayma. El análisis inferencial mostró tamaños del efecto de gran magnitud (coeficiente d de Cohen > 3.0 y coeficiente r de Wilcoxon = 0.62), demostrando la capacidad de la propuesta para cambiar una condición inicial de severa congestión, caracterizada por una demora de control de hasta 158.0 s/veh, a un funcionamiento operacional más eficiente, estable y controlado.

SEGUNDA. Con el fin de cumplir con el objetivo general, se evaluó la efectividad de la intervención a través del análisis conjunto del desempeño macroscópico y microscópico de la intersección. El diagnóstico cuantitativo evidenció que la congestión observada no respondía a una insuficiencia de la capacidad geométrica, ya que el indicador ICU registró una reserva de capacidad del 32 %, sino principalmente a una programación semafórica ineficiente que operaba con un ratio *g/C* de 0.25, restringiendo el paso efectivo de los vehículos durante el 75 % del tiempo de ciclo. La optimización de los parámetros de control permitió restablecer un funcionamiento operacional eficiente sin requerir modificaciones físicas de la infraestructura existente.

TERCERA. Respecto al primer objetivo específico, se concluye que la optimización de la programación semafórica mejoró significativamente la movilidad vehicular de la intersección. La reducción del esquema de operación de cuatro a dos fases, junto con la implementación de una longitud de ciclo de 60 s y una adecuada redistribución de los tiempos verdes, permitió disminuir la demora de control en un 92.09 %, reduciendo el valor máximo de 158.0 s/veh a 21.4 s/veh. Asimismo, se redujeron el tiempo total de viaje y el retraso acumulado de los vehículos, favoreciendo una circulación más continua sobre el corredor

principal.

CUARTA. Con relación al segundo objetivo específico, la intervención mejoró la eficiencia operativa del sistema al optimizar el desempeño microscópico del flujo vehicular, puesto que la propuesta permitió incrementar el aprovechamiento efectivo del derecho de paso, reduciendo de este modo en promedio 211.60 detenciones innecesarias por ciclo; como consecuencia, se registró un ahorro estimado de 62.04 litros de combustible y una reducción de 585.80 gramos de emisiones de monóxido de carbono (CO) durante los periodos de máxima demanda, evidenciando beneficios operacionales, económicos y ambientales.

QUINTA. Sobre el tercer objetivo específico, se comprobó que la mejora de la Configuración Geométrica y Operacional es positiva y salvaguarda la seguridad operacional de la vía. La canalización táctica, al definir correctamente el Tipo de Fase de Giro reduciendo los giros permitidos en favor de movimientos protegidos/seguros y gestionar los Puntos de conflicto, permitió disminuir la Tasa de saturación (v/c) de un nivel crítico de 1.33 a un índice seguro y estable de 0.42. Asimismo, esta medida redujo drásticamente la Longitud de cola 95th (m), eliminando definitivamente el riesgo de bloqueos en retroceso hacia las intersecciones y cruceros peatonales adyacentes.

SEXTA. En cuanto al tercer objetivo específico, se comprobó que la optimización de la configuración geométrica y operacional contribuyó a mejorar las condiciones de seguridad y funcionamiento de la intersección. La canalización de movimientos, mediante la redefinición de los giros permitidos hacia maniobras protegidas y la gestión de los puntos de conflicto, permitió reducir la relación volumen/capacidad (v/c) de 1.33 a 0.42. Asimismo, la disminución de la longitud de cola del percentil 95 redujo el riesgo de bloqueo de las intersecciones y de invasión de los cruces peatonales adyacentes.

SÉPTIMA. Por último, desde el punto de vista metodológico se determinó que el diseño de investigación no experimental, de corte transversal y de nivel explicativo con base

en un enfoque cuantitativo y en la aplicación de fichas de aforo vehicular, constituyó un marco metodológico sólido para el desarrollo de la investigación; puesto que la aplicación de la metodología DMAIC en conjunto con la microsimulación estocástica y tanto los lineamientos establecidos en el Highway Capacity Manual (HCM 2022) como en el Manual de Seguridad Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) permitieron estructurar un procedimiento técnico consistente para el diagnóstico, modelación, evaluación y validación de las propuestas de optimización; el análisis estadístico, igualmente, demostró que el 69.35 % de la congestión vehicular estaba asociada a factores operativos sobre los cuales se puede actuar, tales como la inoperatividad de vías alternas (26.79 %), la fragmentación de fases semafóricas (23.81 %) y la ausencia de señalización reguladora (18.75 %); siendo así, se comprueba que la metodología empleada es una herramienta técnicamente eficaz para la identificación y valoración de los problemas operacionales, proporcionando una base objetiva para la formulación y validación de medidas de mejora en las intersecciones urbanas.

RECOMENDACIONES

De conformidad con las disposiciones de ordenamiento urbano aprobadas mediante la Ordenanza Municipal N° 017-2024-MPC-CHIVAY que restringe la circulación del transporte público por Av. Camaná, C. Cayma y sus vías aledañas, se recomienda la realización de un estudio integral de reestructuración de rutas del transporte público. Dado que estas limitaciones involucran a una gran porción del centro urbano, la determinación de nuevos paraderos y la reasignación de rutas van más allá de una intervención puntual, por lo que necesitan un estudio a nivel de toda la red vial del distrito, en este marco la presente investigación plantea la instalación de señalización de reglamentación como medida operativa de corto plazo para reducir los conflictos de tránsito; no obstante, para plazos medianos y largos se recomienda formular una planificación integral del sistema de transporte que permita ir redistribuyendo progresivamente los flujos hacia corredores con capacidad suficiente, logrando una operación más eficiente, segura y compatible con el desarrollo urbano sostenible del distrito de Majes.

Se recomienda acompañar todo rediseño geométrico con estrategias de educación vial que aseguren que los conductores asimilen adecuadamente las nuevas trayectorias. En el ámbito académico se plantea extender y adaptar a la ingeniería de transporte otros modelos de gestión como las metodologías ágiles o los enfoques Lean, ampliando de este modo el repertorio de herramientas operativas para abordar las patologías del tráfico desde la perspectiva de la mejora continua.

Se recomienda considerar la migración de un diseño semafórico con tiempos fijos a un sistema moderno de control actuado o adaptativo; pues al incluir sensores y monitorear la demanda en tiempo real el controlador podría modificar de forma dinámica las fases y la duración del ciclo, optimizando así el nivel de servicio y la capacidad instalada frente a

fluctuaciones atípicas en el flujo vehicular.

Se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad del aire a nivel local para medir el impacto ambiental en el entorno cercano a la intersección, ya que se ha demostrado computacionalmente que reducir significativamente las emisiones de CO y el consumo de combustible es esencial, por lo tanto es fundamental validar estos beneficios mediante estaciones de medición de material particulado y gases de combustión, esta recopilación de datos permitirá determinar si es viable replicar la intervención en otros puntos críticos del Distrito de Majes, demostrando a las autoridades que la eficiencia del flujo vehicular está estrechamente vinculada con la protección de la salud pública.

Se recomienda la instalación íntegra de la nueva señalización vertical, así como la demarcación de la señalización horizontal, ello dado que la verificación sobre el terreno confirmó que falta una parte de estos elementos y que la infraestructura existente está muy deteriorada, se debe establecer un programa periódico de mantenimiento preventivo. Garantizar la visibilidad permanente de estos dispositivos de control es indispensable para instruir adecuadamente a los conductores y sostener la operatividad óptima de la intersección a largo plazo.

REFERENCIAS

Alaraj, B., & Naghawi, H. (2024). Evaluation and design of improvement of Al-Jbeiha signalized intersection traffic operation. *Global Journals of Research in Engineering, 24*, 29-33. https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/101667.

Angulo Condori, D., & Vargas Mamani, A. A. (2021). *Análisis y propuesta para mejorar el tránsito en las intersecciones de la avenida Porongoche con avenida Pizarro y calle Internacional – Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio UNSA. http://hdl.handle.net/20.500.12773/13842.

Ashhad Verdezoto, T. Z., Cabrera Montes, F. F., & Roa Medina, O. B. (2020). Analysis of traffic congestion for the improvement of a main road in Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960.

Asociación Automotriz del Perú. (2024). *Sector automotor: Retos y desafíos en el 2024*. https://aap.org.pe/observatorio-aap/sector-automotor-retos-y-desafios-2024/Sector_Automotor_Retos-y-Desafios_en_el_2024.pdf.

Banks, J. H. (2002). *Introduction to Transportation Engineering* (2.a ed.). McGraw-Hill.

Bonneson, J. A., & Pratt, A. T. (2020). Highway capacity and quality of service: Applications and updates since HCM 2016. *Transportation Research Record, 2674*(12), 23–35. https://doi.org/10.1177/0361198120942678.

Borja Santos, C. (2021). *Estudio de mejora de la capacidad y el nivel de servicio en intersecciones semaforizadas mediante el uso de microsimulación* [Tesis de Máster, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio UPV.

Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones* (9.a ed.). Alfaomega.

California Department of Transportation. (2013). *Level of Service (LOS) Analysis Guidelines: Article 14*. California Department of Transportation.

Choque Tacca, Y. L. (2023). *Evaluación de los niveles de servicio, mediante simulación en la intersección comprendida por las vías Av. Ejercito, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM. https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12603.

Contreras Verastegui, L. A. (2022). *Evaluación del nivel de servicio de las intersecciones con mayor incremento de flujo vehicular en las Av. Los Incas y Av. La Cultura en el Distrito de Yanacancha - Pasco, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio UNDAC. http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2665.

Corral, V. (2023). *Metodología DMAIC*. Desarrollo Profesional SyS. https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-dmaic/.

Cubic Transportation Systems. (2022). *Synchro® 12: Advanced Traffic Signal Software*. https://www.cubic.com.

Daganzo, C. F. (1995). The cell transmission model, part II: Network traffic. *Transportation Research Part B: Methodological, 29*(2), 79-93. https://doi.org/10.1016/0191-2615(95)00022-7

Djajasinga, N. (2020). Operations management for improve traffic performance in Bandung city with DMAIC Six Sigma method. *Psychology and Education, 57*(9), 1088-1095. https://doi.org/10.17762/pae.v57i9.411.

De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics, 139*(2), 604-614. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.035

Elefteriadou, L. (2014). *An introduction to traffic flow theory*. Springer Optimization and Its Applications. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8435-6

Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 22*(2), 263-277. https://doi.org/10.4067/s0718-33052014000200012.

Flores Cacasaca, G. R. (2024). *Evaluación de la capacidad y nivel de servicio de la Av. Independencia entre la calle Paucarpata y Av. Mariscal Castilla de la Ciudad de Arequipa para una movilidad urbana sostenible* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio UNSA. https://hdl.handle.net/20.500.12773/18594.

Flores Lozano, L. A. (2024). *Análisis y evaluación de la capacidad vehicular y nivel de servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y simulación con el software Synchro Plus 11.1. en la intersección semaforizada en la Av. San Martín de Porres y Av. Héroes del Cenepa de la ciudad de Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. http://hdl.handle.net/20.500.14074/6505.

Garber, N., & Hoel, L. (2015). *Traffic and highway engineering* (5.a ed.). Cengage Learning.

Global Infrastructure Hub. (2020). *Sensors for real time traffic management*. https://www.gihub.org/infrastructure-technology-use-cases/case-studies/sensors-for-real-time-traffic-management/.

Gómez Racines, M. V. (2025). *Análisis de facilidades peatonales para cruces en vías urbanas. Caso de estudio: Av. Eloy Alfaro y de los Granados* [Tesis de licenciatura, Universidad Internacional SEK]. Repositorio UISEC. https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/5732/1/G%C3%B3mez%20Racines%20Milton%20Vladimir.pdf.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (3.a ed.). McGraw-Hill.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Husch, D., & Albeck, J. (2014). *Synchro Studio 9 user guide*. Trafficware.

Hussein, N. (2022). Synchro software-based alternatives for improving traffic operations at signalized intersections. *The Scientific Journal of Koya University, 10*(1), 123-131. https://doi.org/10.14500/aro.10915.

INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Tomo I – Arequipa*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1551/04TOMO_01.pdf.

Jara Rosas, M. E. (2024). *Propuesta de mejora del nivel de servicio para Avenida Lambramani y Avenida Pizarro, tramo Av. Los Incas – Av. Guardía Civil* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio UNSA. https://hdl.handle.net/20.500.12773/18862.

Kareem, M., & Zainab A., A. (2024). Traffic state comparison of signalized intersections using SIDRA and SYNCHRO software. *Journal of Engineering and Sustainable Development, 28*(4), 541-549. https://doi.org/10.31272/jeasd.28.4.13.

Kuvvetli, Ü., & Firuzan, A. R. (2019). Applying Six Sigma in urban public transportation to reduce traffic accidents involving municipality buses. *Total Quality Management & Business Excellence, 30*(1-2), 82-107. https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1297198.

Lemke, J., & Strulak-Wojcikiewicz, R. (2021). Using Six Sigma in the management of city logistics processes: A case study on the impact assessment of transport infrastructure on fuel consumption in Szczecin. *European Research Studies Journal, 24*(4), 1152-1177. https://doi.org/10.35808/ersj/2093.

Luttinen, T. (2020). Recent developments in highway capacity analysis and HCM methodologies. *Procedía Computer Science, 170*, 897-904. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.109.

Méndez Álvarez, C. E. (2001). *Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación*. McGraw-Hill.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2009). *Reglamento Nacional de Tránsito Decreto Supremo N.º 016-2009-MTC*. https://www.gob.pe/mtc.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018a). *Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG-2018*. https://www.gob.pe/mtc.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018b). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*. https://www.gob.pe/mtc.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2025). *Perú implementará el uso de tecnologías inteligentes en carreteras para un tránsito más seguro*. Plataforma del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/1119000-peru-implementara-el-uso-de-tecnologias-inteligentes-en-carreteras-para-un-tránsito-mas-seguro.

Moya, L., Vilela, M., Jaimes, J., Espinoza, B., Pajuelo, J., Tarque, N., … Yamazaki, F. (2024). Vulnerabilities and exposure of recent informal urban areas in Lima, Peru. *Progress in Disaster Science, 23*. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100345.

Municipalidad Distrital de Majes. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal Concertado (2012-2021)*. Plataforma del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/munimajes/informes-publicaciones/3217912-plan-de-desarrollo-municipal-concertado-2012-2021.

Municipalidad Provincial de Huamanga. (2020). *Plan de Movilidad Urbano Sostenible*.

Organización Mundial de la Salud. (2024). *Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health.

Ospina Ruge, J. J., & Rubio Rodríguez, M. S. (2022). *Análisis y alternativa del tránsito vehicular vial en la intersección de la av. al llano con la vía Restrepo (monumento al coleo) Villavicencio (Meta), Colombia* [Tesis de licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC. https://hdl.handle.net/20.500.12494/43897.

Otoya Ortega, P. V., & Romero Gamarra, R. M. (2019). *Mejoramiento de los niveles de servicio a través de la implementación del efecto de Ola Verde en intersecciones sincronizadas de la Av. Juan Pardo de Zela desde la Av. Prolongación Iquitos hasta la Av. Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC. http://hdl.handle.net/10757/625288.

Palacios Hernández, H. A., & Vásquez Salinas, Á. A. (2022). *Análisis de tránsito y propuesta de diseño geométrico para intersección av. suba con calle 100 en la ciudad de Bogotá D.C.* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio UCaC. https://hdl.handle.net/10983/27237.

Papageorgiou, M., & Papamichail, I. (2022). Advances in traffic flow theory and level of service analysis based on HCM methodologies. *Annual Reviews in Control, 54*, 101-112. https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2022.03.004.

Peredo Rodríguez, I. J., & Panduro Agrada, A. (2023). *Análisis de la accesibilidad e impacto del tránsito en el Óvalo Ureta ubicado en la ciudad de Chiclayo – Lambayeque* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. http://hdl.handle.net/20.500.12404/25769.

Pyzdek, T., & Keller, P. (2023). *The Six Sigma handbook* (6.a ed.). McGraw Hill LLC.

Qayyum, S., Ullah, F., Al-Turjman, F., & Mojtahedi, M. (2021). Managing smart cities through six sigma DMADICV method: A review-based conceptual framework. *Sustainable Cities and Society, 72*. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103022.

Raman, R. S., Chauhan, H., & Negi, A. (2018). DMAIC approach for road wellbeing: A case study. *International Journal of Engineering & Technology, 7*(4.5), 8-11. https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.5.19999.

Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2011). *Traffic engineering* (4.a ed.). Pearson.

Ryus, P. (2021). Multimodal performance measures in the Highway Capacity Manual: Recent updates and applications. *Transportation Research Record, 2675*(3), 177–188. https://doi.org/10.1177/0361198121996634.

Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Productivity Press.

Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). *Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: A case study. Procedía - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590-596. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.038

Tambe, A., & Uke, K. (2025). AI-powered traffic signal control: A deep reinforcement learning framework for urban congestion reduction. *International Journal of Environmental Sciences, 7*(1). https://doi.org/10.64252/2fwq1j95.

Texas Department of Transportation. (2023). *Appendix D: Traffic Operations Analysis*. Texas Department of Transportation.

TomTom. (2024). *Traffic index ranking. Full ranking 2024*. https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/.

Torres Flores, A. J., & Urbina Cantuta, C. M. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la Ciudad de Tacna* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT. http://hdl.handle.net/20.500.12969/543.

Toth, S., & Kennedy, N. (2019). Traffic signal control and its impact on urban mobility. *Journal of Transportation Engineering, 145*(8), 04019036. https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000259

Transportation Research Board. (2016). *Highway Capacity Manual: Sixth Edition*. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

Turpo R., J. (2025). *Cámara de Comercio e Industria de Arequipa*. https://www.camara-arequipa.org.pe/erpccia/boletin/noticia/16218.

Vanely, C. (2023). *Metodología DMAIC*. Desarrollo Profesional SyS. https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-dmaic/.

Vilcas Painado, J. M. (2024). *Mecanismos de control de tránsito en el nivel de servicio de la Av. San Carlos, tramo Jr. San Agustín y Jr. Santa Lucía, Huancayo - 2024* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio U.C. https://hdl.handle.net/20.500.12394/16486.

Zarzo Ccoya, R. M., & Robles Minaya, J. C. (2022). *Análisis y rediseño de una intersección vial de alto tránsito desde el enfoque de la movilidad sostenible. Caso: intersección vial de las avenidas Brasil - San Felipe - Gral. Manuel Vivanco, Lima – Perú* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. http://hdl.handle.net/20.500.12404/23928.

Zhang, Z. H., & Awasthi, A. (2016). A DMAIC-based methodology for improving urban traffic quality with application for city of Montreal. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, 10*(1), 24–49. https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2016.080449.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

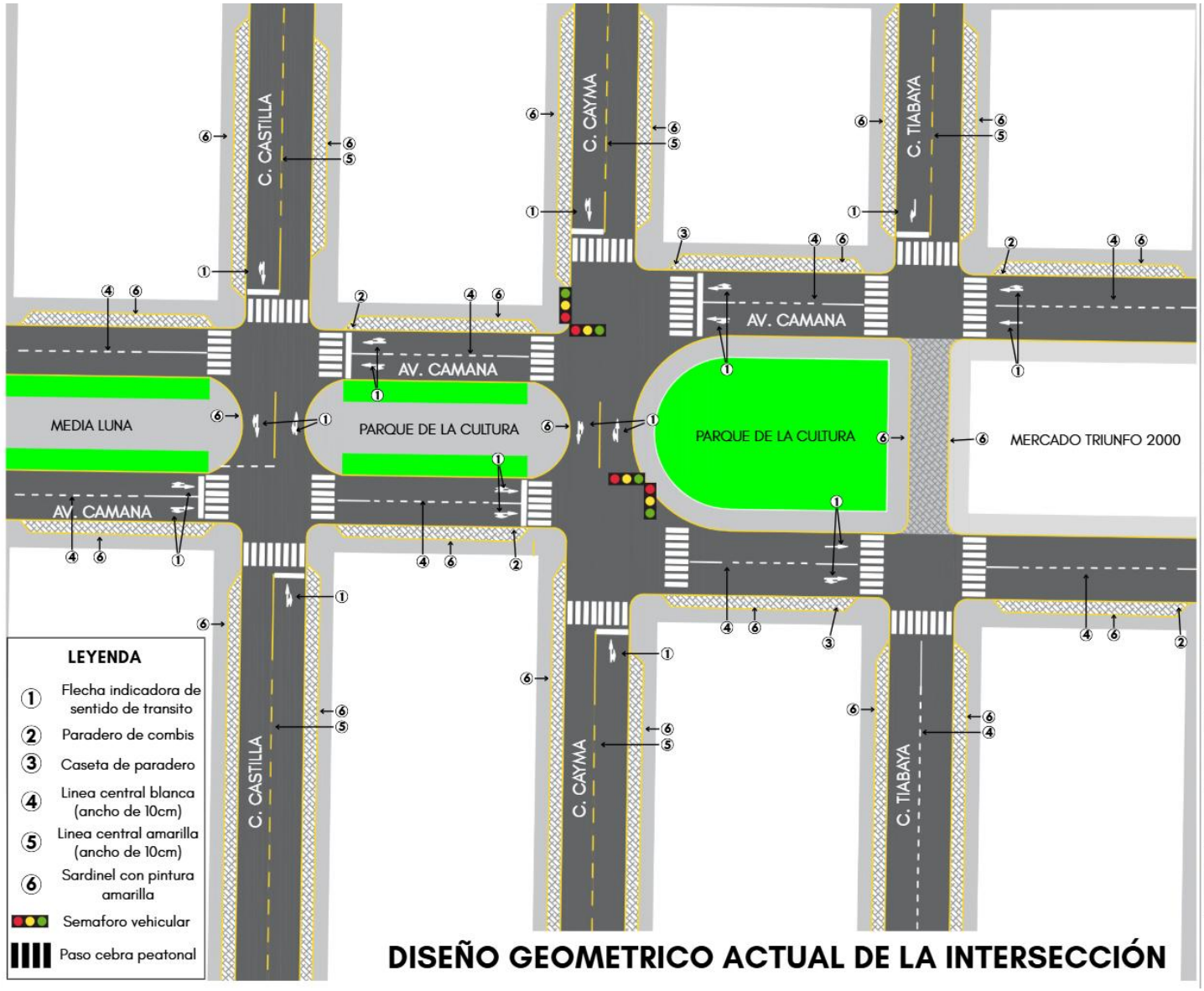
Título: Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

Problema general	**Objetivo general**	**Hipótesis general**	**Metodología**
• ¿Cuál es la efectividad de una Intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Avenida Camaná y Calle Cayma, El Pedregal, Majes, Arequipa, 2025? **Problemas específicos** • ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la movilidad de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025? • ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la Eficiencia de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025? ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la Seguridad Operacional de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025? • ¿Cuál es la efectividad de la Intervención DMAIC en la Calidad del servicio de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025?	• Evaluar la efectividad de la Intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Avenida Camaná y Calle Cayma, El Pedregal, Majes, Arequipa, 2025. **Objetivos específicos** • Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la movilidad de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025. • Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la Eficiencia de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025. • Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la Seguridad Operacional de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025. • Determinar la efectividad de la Intervención DMAIC para mejorar la Calidad del Servicio de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.	• Una Intervención DMAIC es efectiva para mejorar el desempeño operativo de la intersección Avenida Camaná y Calle Cayma, El Pedregal, Majes, Arequipa, 2025. **Hipótesis específicas** • La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Movilidad de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025. • La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Eficiencia, de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025. • La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Seguridad Operacional de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025. • La Intervención DMAIC es efectiva para mejorar la Calidad del Servicio de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.	• **Enfoque:** Cuantitativo • **Tipo:** -Según su fin: Aplicada -Según su profundidad: Explicativa • **Diseño:** No experimental, de corte transversal. • **Técnica:** Observación, simulación • **Instrumento:** Ficha de aforo vehicular • **Población:** Todas las intersecciones semaforizadas del distrito de Majes. • **Muestra:** Intersección de la calle Cayma con la avenida Camaná.

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
(variable independiente) **Intervención DMAIC**	Aplicación DMAIC orientada a la resolución analítica de ineficiencias, constituye el conjunto de factores operativos y parámetros de control que determinan el desempeño, los cuales son evaluados y optimizados bajo un enfoque cuantitativo y analítico para suprimir la variabilidad erradicar los defectos y garantizar la calidad y eficiencia operativa (De Mast & Lokkerbol, 2012; Pyzdek & Keller, 2023)	Evaluación y optimización, mediante la aplicación de la metodología DMAIC, de los factores operativos y parámetros de control del tránsito que intervienen en el funcionamiento de la intersección, considerando la programación semafórica, la gestión de fases y la geometría operacional, con el fin de mejorar su desempeño operativo.	**Programación semafórica**	Longitud de Ciclo	(s)
				Reparto de tiempos	(s)
				N° de fases operativas	(und)
			Configuración Geométrica y Operacional	Tipo de Fase de Giro	(Permitido/ Protegido)
				Puntos de conflicto	(und)
(variable dependiente) **Desempeño Operativo**	Nivel de eficiencia, fluidez y sostenibilidad con el que una intersección procesa la demanda vehicular, evaluado a partir de la interacción entre la capacidad de la infraestructura y el volumen de tránsito.	Cuantificación numérica del estado de la intersección mediante la extracción de indicadores determinísticos y estocásticos, permitiendo contrastar la efectividad del escenario propuesto frente al actual.	**Desempeño Macroscópico**	Demora de control	(s/veh)
				Ratio g/C	(%)
				ICU (capacidad)	(%)
				Longitud de cola 95th	(m)
				Tasa de saturación	(v/c)
				Nivel de servicio	(A-F)
			Desempeño Microscópico	Tiempo de viaje	(Hr)
				Retraso total	(Hr)
				Detenciones totales	(und)
				Combustible utilizado	(L)
				Emisiones CO	(gr)

Anexo 3. Planos del estado actual y propuesta de mejora, con especificaciones técnicas y detalles de diseño



DISEÑO GEOMETRICO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN

UCSM
Universidad Católica de Santa Maria

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

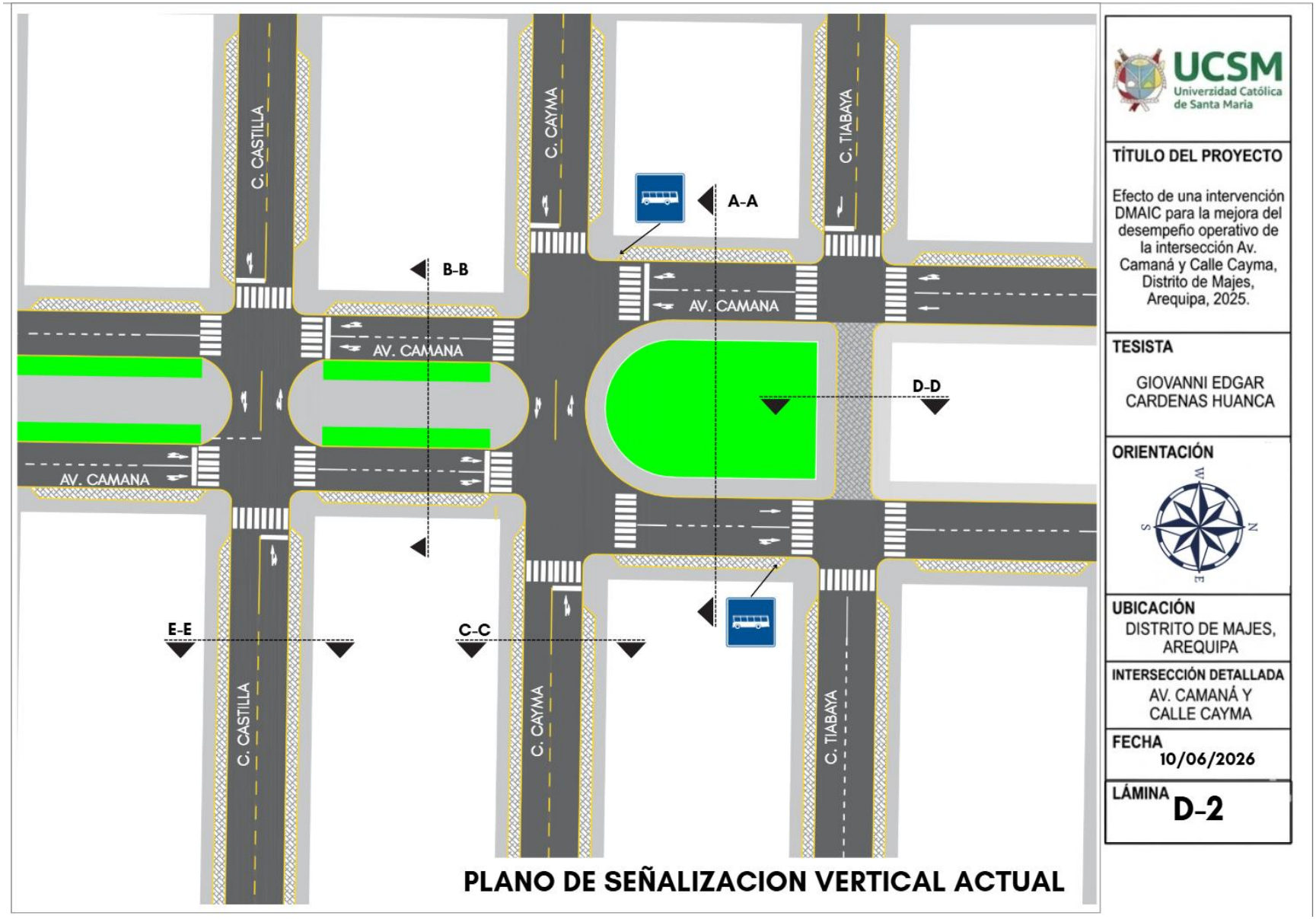
ORIENTACIÓN

UBICACIÓN
DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA
AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA
10/06/2026

LÁMINA
D-1



UCSM
Univerzidad Católica de Santa Maria

TÍTULO DEL PROYECTO

Efecto de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y Calle Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

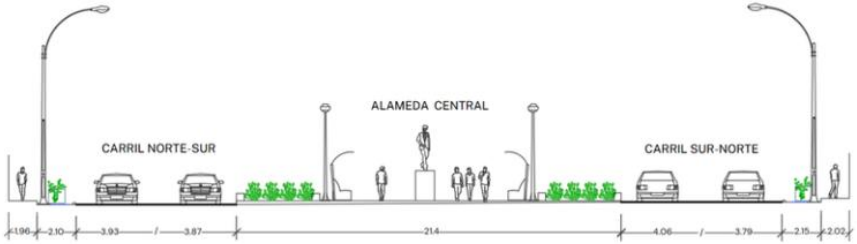
FECHA

10/06/2026

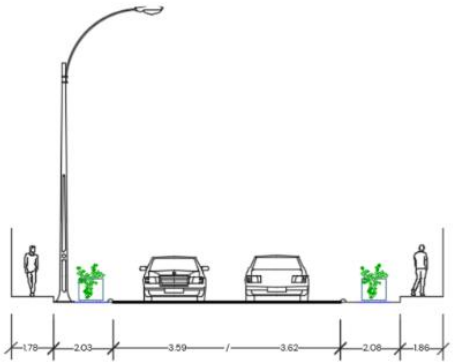
LÁMINA

D-2

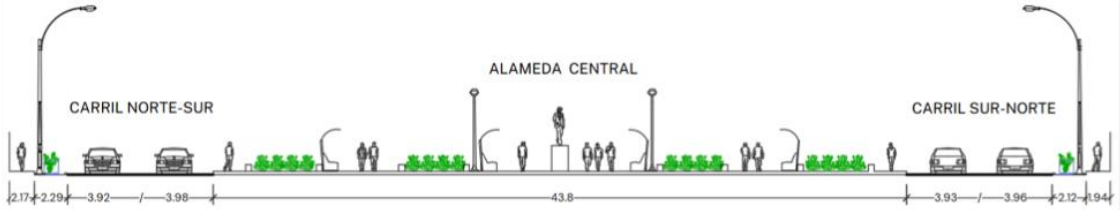
SECCIONES DE VIA



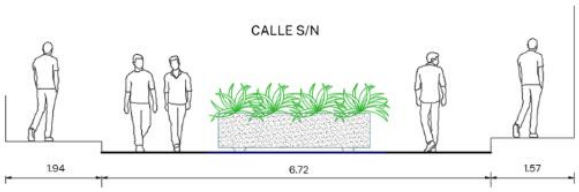
AV. CAMANA B-B



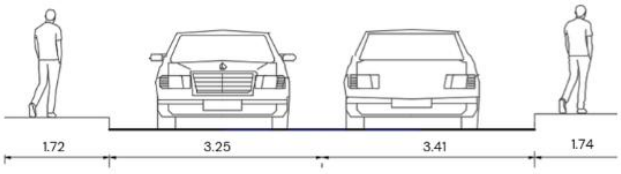
C. CAYMA C-C



AV. CAMANA A-A



CALLE S/N D-D



CALLE CASTILLA E-E

UCSM
Universidad Católica de Santa María

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN



UBICACIÓN

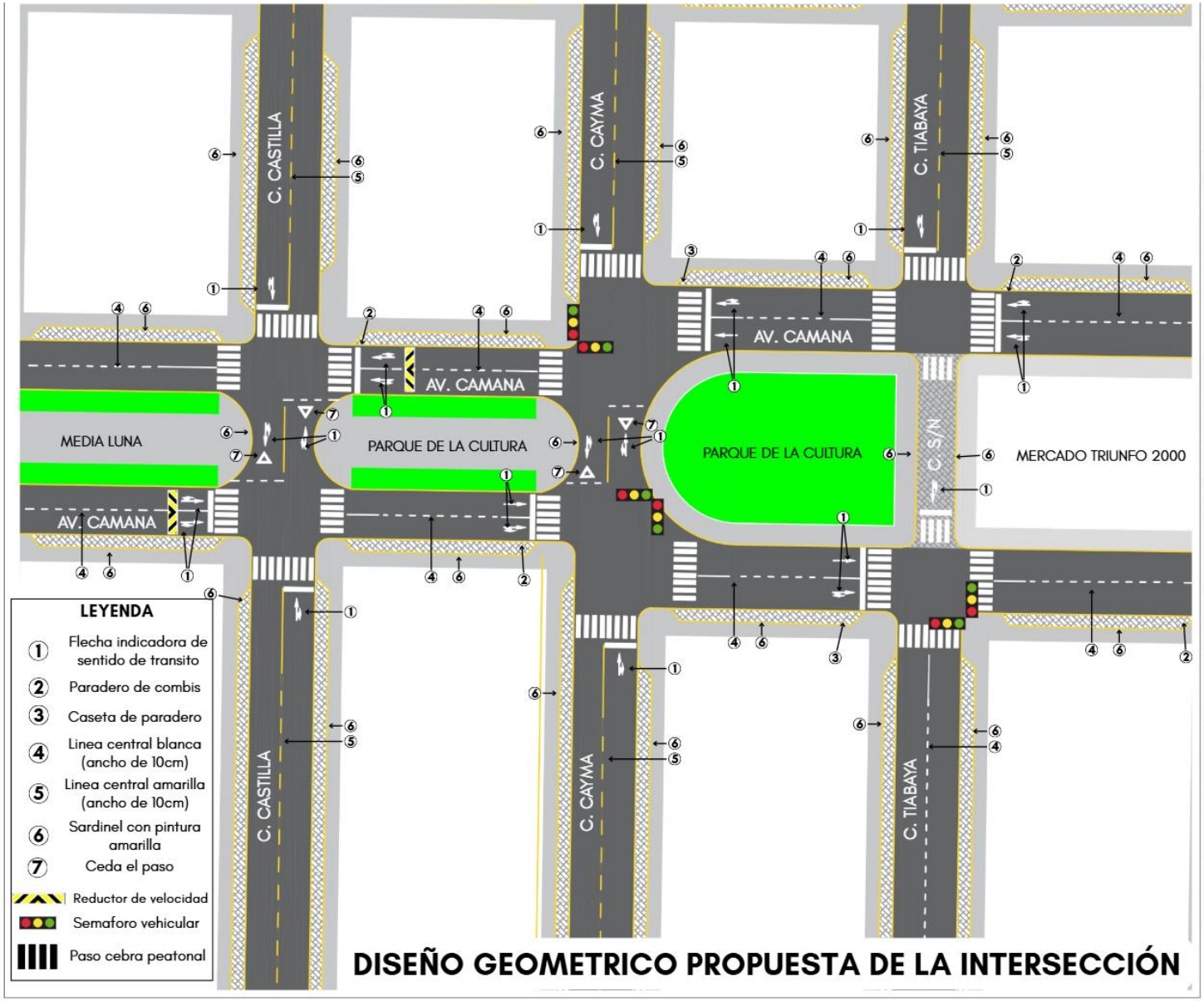
DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA

LÁMINA D-3



UCSM
Universidad Católica de Santa María

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

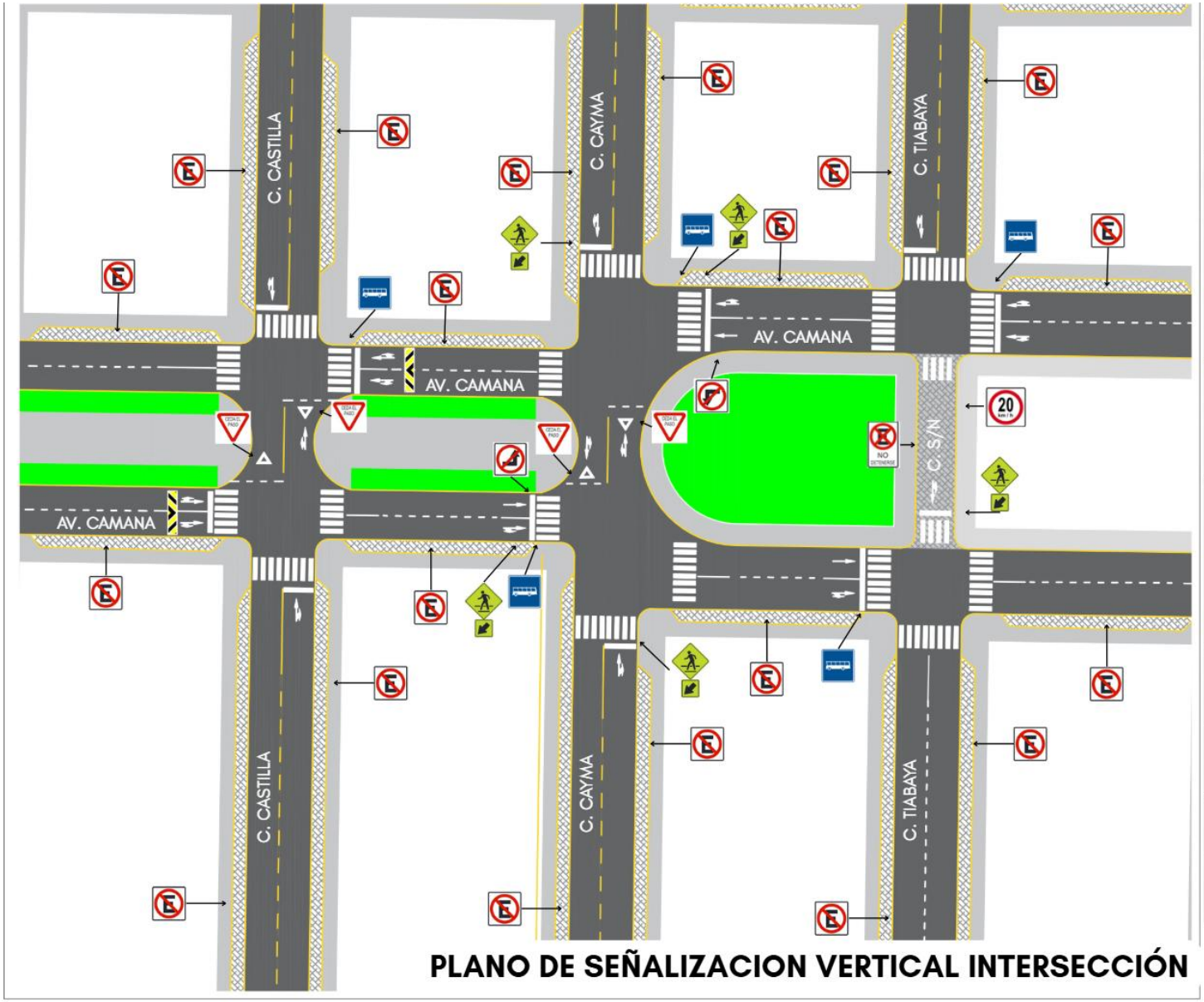
AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA

10/06/2026

LÁMINA

D-4



PLANO DE SEÑALIZACION VERTICAL INTERSECCIÓN

UCSM
Universidad Católica de Santa Maria

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

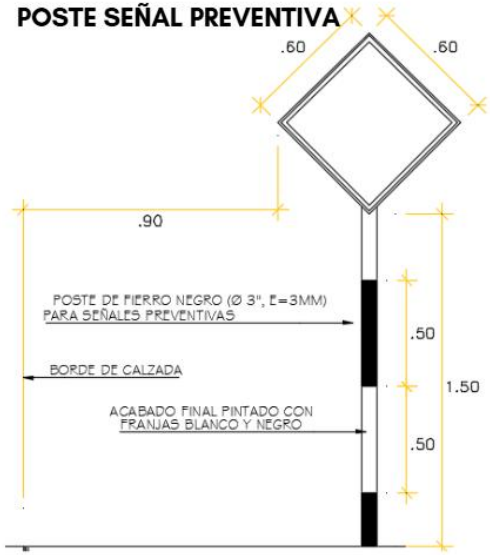
FECHA

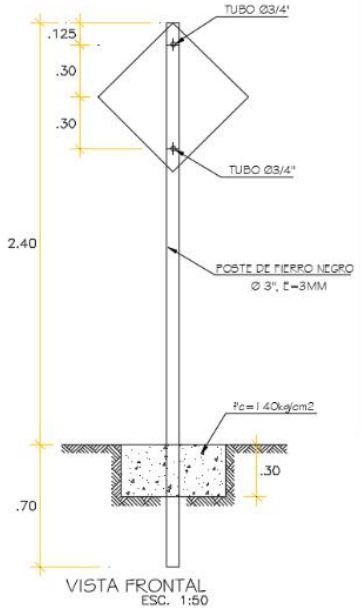
10/06/2026

LÁMINA D-5

DISEÑO DE LOS POSTES PARA SEÑALIZACIÓN VERTICAL

POSTE SEÑAL PREVENTIVA





VISTA FRONTAL
ESC. 1:50

ESPECIFICACIONES TECNICAS

SEÑALES PREVENTIVAS

1.- SERAN DE FORMA CUADRADA DE 600 x 600mm.
COLOR: FONDO Y BORDE AMARILLO CAMINERO, SIMBOLOS, LETRAS Y MARCO DE COLOR NEGRO.

2.- SE UBICARAN EN EL SENTIDO DEL TRANSITO APROXIMADAMENTE A 1200mm. COMO MINIMO AL BORDE DE LA CALZADA Y A 3000mm. COMO MAXIMO

3.- LOS POSTES Y/O SOPORTES SERAN DE FIERRO NEGRO Ø 3", E=3MM. DEBERAN SER PINTADOS DE FRANJAS HORIZONTALES BLANCOS CON NEGROS EN ANCHOS DE 500mm.

SEÑALES REGLAMENTARIAS

1.- SERAN DE FORMA RECTANGULAR DE 600 X 900 mm. COLOR BLANCO CON SIMBOLO Y MARCO NEGROS, EL CIRCULO DE COLOR ROJO.

2.- LAS DIMENSIONES DE LOS SIMBOLOS Y LETRAS DEBERAN ESTAR DE ACUERDO CON EL CUADRO DE DIMENSIONES.

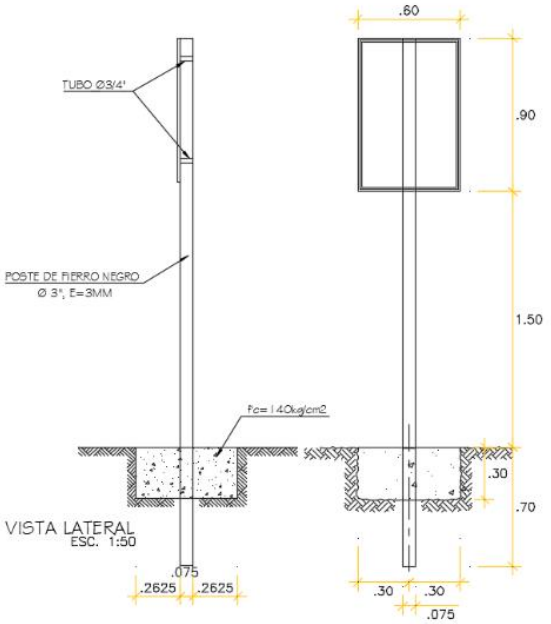
OTRAS ESPECIFICACIONES

ACERO: VARILLAS ASTM A-615, GRADO 60°, fy=4200 kg/cm2 (CIMENT.)
PLATINAS ASTM A-36, fy=3600 kg/cm2
TUBOS DE ACERO SCHEDULE 40 (GALVANIZADO)
SOLDADURA: ELECTRODO AWS-E-6011, ESPESOR MINIMO 3/16"
PINTURA: ESMALTE EPOXICO
ANTICORROSIVO EPOXICO

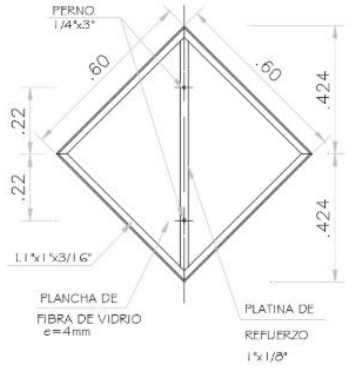
ESQUEMA DE PINTADO:

CAPA BASE	WASH PRIMER VINILICO	1 CAPA	0.5 mils
CAPA INTERMEDIO:	EPOXY	2 CAPA	3.0 mils
CAPA ACABADO:	POLIURETANO	1 CAPA	2.0 mils

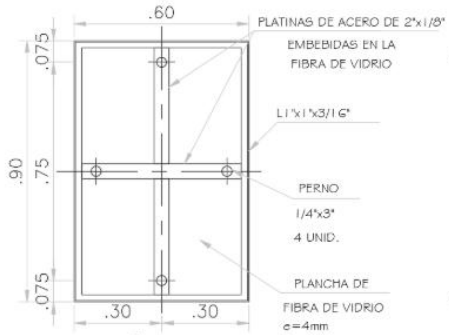
POSTE SEÑAL REGLAMENTARIA



VISTA LATERAL
ESC. 1:50



REFUERZO SEÑAL PREVENTIVA
ESC. 1:500



REFUERZO SEÑAL REGLAMENTARIAS
ESC. 1:500

UCSM
Universidad Católica de Santa María

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

N W E S

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA

LÁMINA D-6

DIMENSIONES PARA SEÑALIZACIÓN VERTICAL



R-2



R-30



R-6



R-27



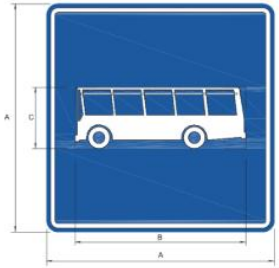
R-19



R-28



P-48B



I-6

DIMENSIONES

Código	Dimensión	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
I-6	600 x 600	600	450	161.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-48B	600 x 600	600	10	10	200.5	240.1	229.3	394.1	134.4	-	-	-	-	-	-	-	-
R-2	600 x 600	600	48	16	18.4	60	30	133.3	80	-	-	-	-	-	-	-	-
R-30(1)	600 x 600	600	510	9	18	51	204	120	60	40	-	-	-	-	-	-	-
R-27	600 x 600	600	510	9	18	50.9	204	96.8	103.6	146.1	158	-	-	-	-	-	-
R-19	600 x 600	600	510	9	18	51	204	127.3	160.8	90.9	100.3	-	-	-	-	-	-
R-6	600 x 600	600	510	9	18	51	204	130	46.9	46	70.8	141.6	117.7	39.7	-	-	-
R-28	900 x 600	900	600	500	14	18	51	95	101.7	143.3	155	48	100	50	75	94.9	241.1

UCSM
Universidad Católica de Santa María

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

N
W E
S

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

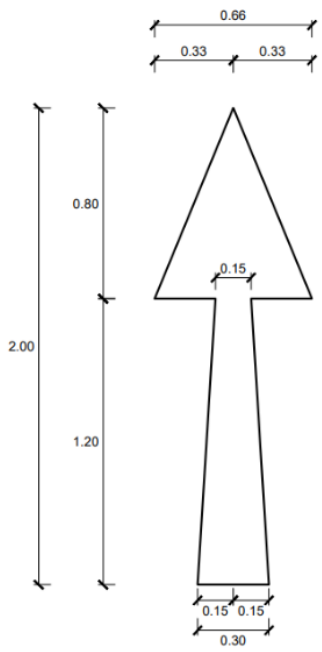
AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA

LÁMINA D-7

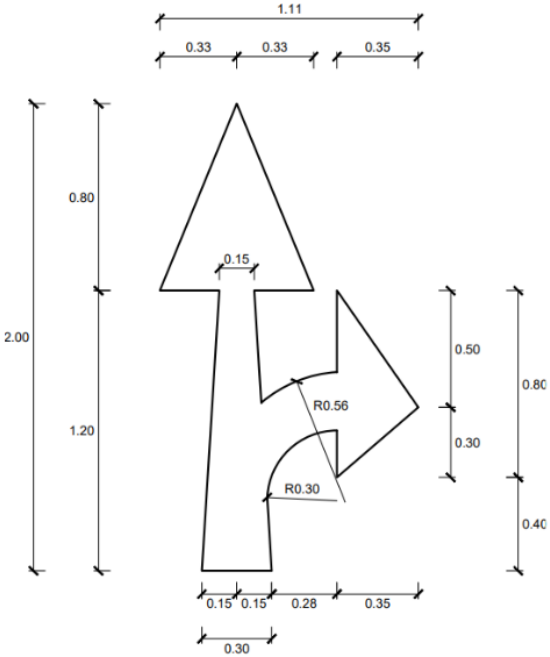
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL: FLECHAS DIRECCIONALES

TIPO 1



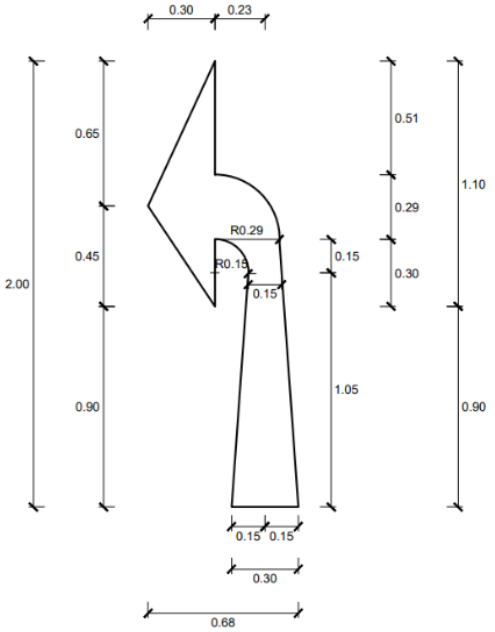
AREA:0.55 m2

TIPO 2



AREA:0.75 m2

TIPO 3



AREA:0.50 m2

EL SISTEMA DE SEÑALIZACION HORIZONTAL ADOPTA COMO BASE LAS MEDIDAS ESTABLECIDAS POR EL MDCT (MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRANSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS) DEL MTC. ASI MISMO LA DISPOSICION, Y UBICACION SON LAS MISMAS A LAS ESTABLECIDAS POR EL REFERIDO REGLAMENTO

PINTURA DE TRAFICO BLANCA

PINTURA CONVENCIONAL DE TRÁFICO TTP-115 F (CAUCHO CLORADO ALQUÍDICO), BASE AL AGUA PARA TRÁFICO (ACRÍLICA), EPÓXICA, TERMOPLÁSTICA, CONCRETO COLOREADO CINTAS ADHESIVAS PARA PAVIMENTO PARA EFECTUAR LAS CORRECCIONES Y/O BORRADO SE PODRÁ EMPLEAR LA PINTURA NEGRA TTP-1 10 C (CAUCHO CLORADO ALQUÍDICO) U OTRAS QUE CUMPLAN LA MISMA FUNCIÓN. TODAS ESTAS DE ACUERDO A STANDARD SPECIFICATIONS FOR CONSTRUCTION OF ROAD AND BRIDGES ON FEDERAL HIGHWAYS PROJECTS (EE.UU.) Y A LAS «ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CALIDAD DE PINTURAS PARA OBRAS VIALES» APROBADO POR R. D. N° 851-98-MTC/15.17 DEL 14 DE DICIEMBRE DE 1998.

REFLECTORIZACION

EN EL CASO DE LA PINTURA DE TRÁFICO TIPOTTP-115-F Y CON EL FIN DE QUE SEAN VISIBLESLAS MARCAS EN EL PAVIMENTO EN LA NOCHE, ÉSTA DEBERÁ LLEVAR MICROESFERAS DE VIDRIO INTEGRADAS A LA PINTURA O ESPARCIDAS EN ELLA DURANTE EL MOMENTODE APLICACIÓN. DOSIFICACIÓN DE ESFERAS DE VIDRIO RECOMENDADAS.
VÍAS URBANAS : 2.5 KGS/GAL.

UCSM
Universidad Católica de Santa Maria

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

N
W E
S

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

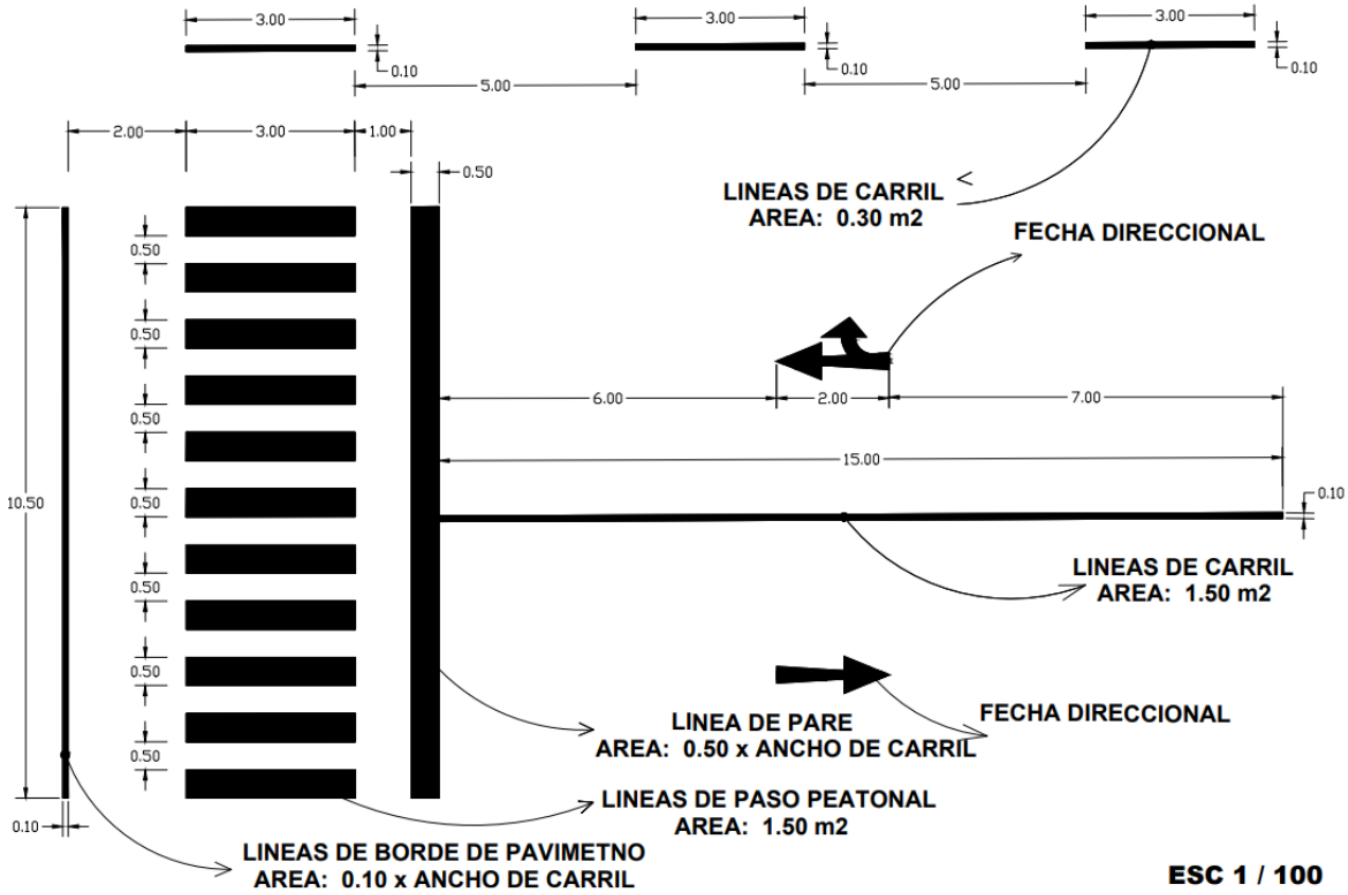
INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA

LÁMINA D-8

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL: MARCAS EN EL PAVIMENTO



ESC 1 / 100

PINTURA DE TRAFICO BLANCA

PINTURA CONVENCIONAL DE TRÁFICO TTP-115 F (CAUCHO CLORADO ALQUÍDICO), BASE AL AGUA PARA TRÁFICO (ACRÍLICA), EPÓXICA, TERMOPLÁSTICA, CONCRETO COLOREADO CINTAS ADHESIVAS PARA PAVIMENTO PARA EFECTUAR LAS CORRECCIONES Y/O BORRADO SE PODRÁ EMPLEAR LA PINTURA NEGRA TTP-1 10 C (CAUCHO CLORADO ALQUÍDICO) U OTRAS QUE CUMPLAN LA MISMA FUNCIÓN. TODAS ESTAS DE ACUERDO A STANDARD SPECIFICATIONS FOR CONSTRUCTION OF ROAD AND BRIDGES ON FEDERAL HIGHWAYS PROJECTS (EE.UU.) Y A LAS «ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CALIDAD DE PINTURAS PARA OBRAS VIALES» APROBADO POR R. D. N° 851-98-MTC/15.17 DEL 14 DE DICIEMBRE DE 1998.

REFLECTORIZACION

EN EL CASO DE LA PINTURA DE TRÁFICO TIPOTTP-115-F Y CON EL FIN DE QUE SEAN VISIBLESLAS MARCAS EN EL PAVIMENTO EN LA NOCHE, ÉSTA DEBERÁ LLEVAR MICROESFERAS DE VIDRIO INTEGRADAS A LA PINTURA O ESPARCIDAS EN ELLA DURANTE EL MOMENTODE APLICACIÓN. DOSIFICACIÓN DE ESFERAS DE VIDRIO RECOMENDADAS.
VÍAS URBANAS : 2.5 KGS/GAL.

UCSM
Universidad Católica de Santa Maria

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

N W E S

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

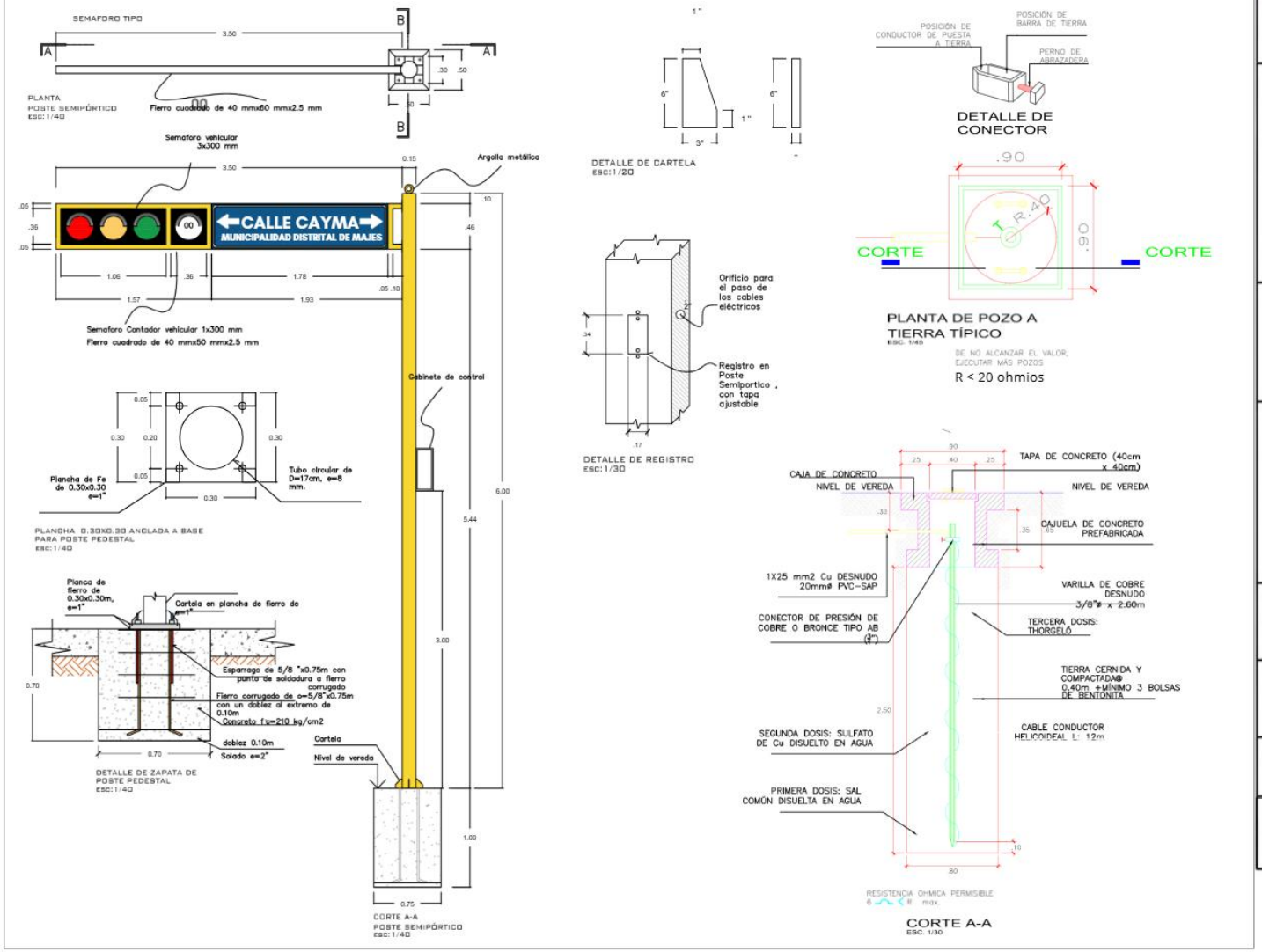
INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA

LÁMINA D-9

DETALLE DE SEMÁFORO



UCSM
Universidad Católica de Santa Maria

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

N W E S

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

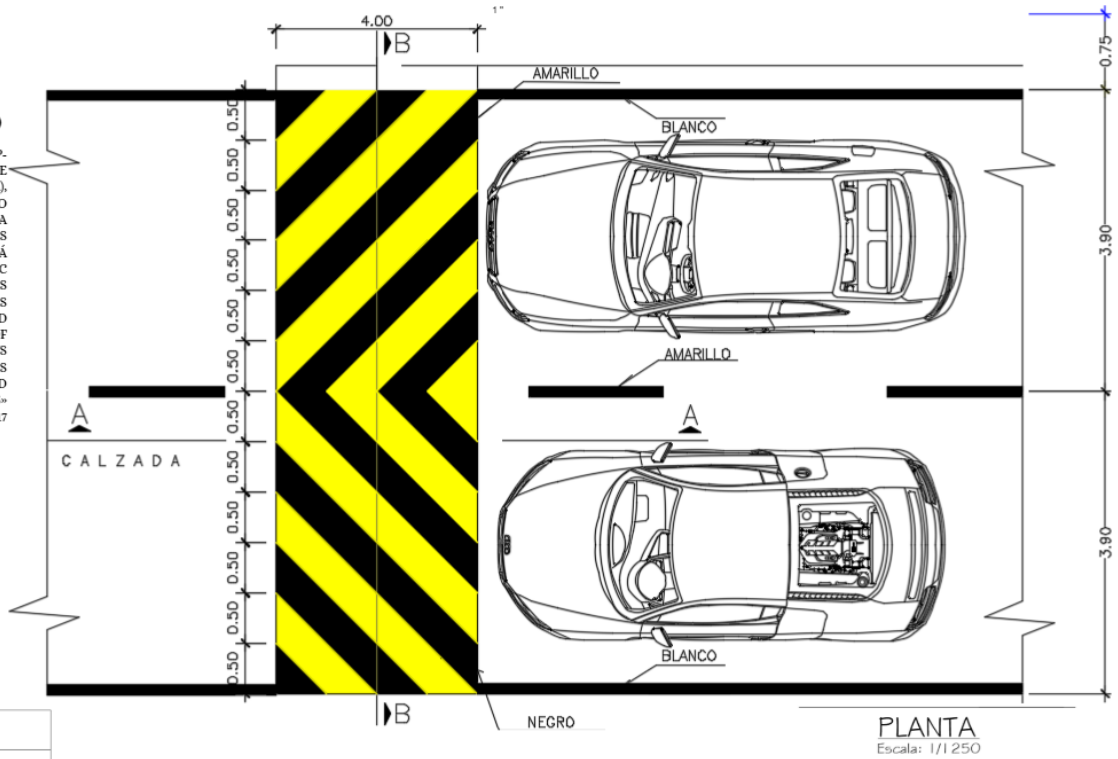
FECHA

LÁMINA D-10

DETALLE REDUCTOR DE VELOCIDAD TIPO RESALTO

PINTURA DE TRAFICO

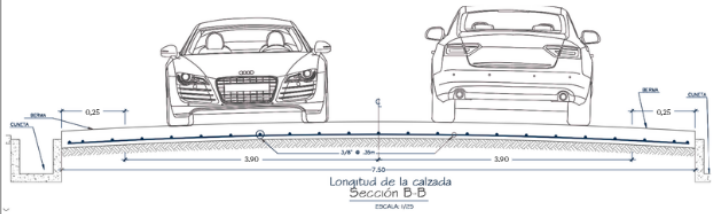
PINTURA CONVENCIONAL DE TRÁFICO TTP-115 F (CAUCHO CLORADO ALQUÍDICO), BASE AL AGUA PARA TRÁFICO (ACRÍLICA), EPÓXICA, TERMOPLÁSTICA, CONCRETO COLOREADO CINTAS ADHESIVAS PARA PAVIMENTO PARA EFECTUAR LAS CORRECCIONES Y/O BORRADO SE PODRÁ EMPLEAR LA PINTURA NEGRA TTP-1 10 C (CAUCHO CLORADO ALQUÍDICO) U OTRAS QUE CUMPLAN LA MISMA FUNCIÓN. TODAS ESTAS DE ACUERDO A STANDARD SPECIFICATIONS FOR CONSTRUCTION OF ROAD AND BRIDGES ON FEDERAL HIGHWAYS PROJECTS (EE.UU.) Y A LAS «ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CALIDAD DE PINTURAS PARA OBRAS VIALES» APROBADO POR R. D. N° 851-98-MTC/15.17 DEL 14 DE DICIEMBRE DE 1998.

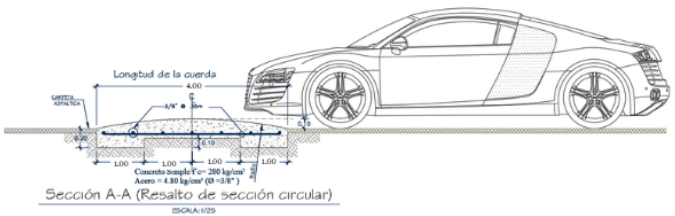


PLANTA
Escala: 1/1 250

METRADO POR ml	
EXCAVACION	0.45m3
ENCOFRADO	0.53m2
CONCRETO f'c=280kg/cm2	1.078m3
ACERO	53.36kg

DETALLE EL REFUERZO PARA RESALTO DE CONCRETO





UCSM
Universidad Católica de Santa Maria

TÍTULO DEL PROYECTO

Efectividad de una intervención DMAIC para la mejora del desempeño operativo de la intersección Av. Camaná y C. Cayma, Distrito de Majes, Arequipa, 2025.

TESISTA

GIOVANNI EDGAR CARDENAS HUANCA

ORIENTACIÓN

N W E S

UBICACIÓN

DISTRITO DE MAJES, AREQUIPA

INTERSECCIÓN DETALLADA

AV. CAMANÁ Y CALLE CAYMA

FECHA

LÁMINA D-11

Anexo 4. Aplicación de instrumento "Aforos Vehiculares" del 10 al 16 de noviembre 2026.

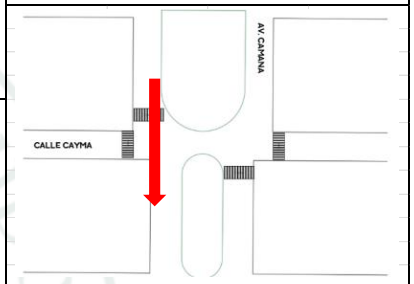
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "A" – código 1

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 01



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 10/11/2025

DESDE
NORTE
HACIA
SUR



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
				LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
PER	HORA	INICIO	FIN											
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	5	0	2	0	3	4	0	0	0	**16**
	6	5:00 AM	6:00 AM	9	14	0	10	5	8	6	0	0	0	**52**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	15	25	3	21	8	13	14	1	3	0	**103**
	8	7:00 AM	8:00 AM	23	35	2	25	10	19	20	1	3	0	**138**
	9	8:00 AM	9:00 AM	24	38	3	24	15	22	21	2	0	0	**149**
	10	9:00 AM	10:00 AM	23	40	1	27	13	20	21	2	3	0	**150**
	11	10:00 AM	11:00 AM	14	25	2	16	9	14	15	1	1	0	**97**
	12	11:00 AM	12:00 PM	15	27	3	18	7	14	13	1	1	0	**99**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	15	23	1	18	8	18	18	1	2	0	**104**
	14	1:00 PM	2:00 PM	20	33	4	21	12	19	20	3	2	0	**134**
	15	2:00 PM	3:00 PM	21	35	2	24	9	19	18	3	1	0	**132**
	16	3:00 PM	4:00 PM	21	36	3	26	11	22	20	2	1	0	**142**
	17	4:00 PM	5:00 PM	20	30	1	19	12	18	18	2	2	0	**122**
	18	5:00 PM	6:00 PM	25	36	3	22	15	22	21	2	0	0	**146**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	23	38	4	27	13	22	20	3	3	0	**153**
	20	7:00 PM	8:00 PM	25	38	0	25	16	17	22	1	3	0	**147**
	21	8:00 PM	9:00 PM	20	33	2	25	12	16	17	3	1	0	**129**
	22	9:00 PM	10:00 PM	15	22	3	15	9	14	12	2	2	0	**94**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	13	0	9	6	8	6	0	0	0	**50**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	2	1	2	0	0	0	0	**10**

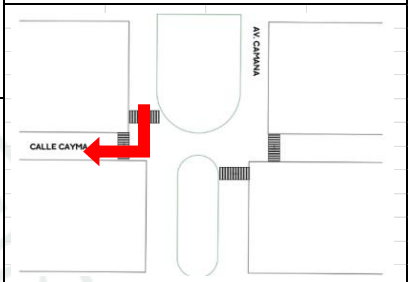
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "A" – código 2

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 02



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA OESTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	4	0	3	0	3	3	0	0	0	**15**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	15	0	12	5	5	6	0	0	0	**51**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	14	33	3	23	8	10	10	2	2	0	**105**
	8	7:00 AM	8:00 AM	19	41	2	32	12	15	13	2	1	0	**137**
	9	8:00 AM	9:00 AM	19	47	2	34	11	14	11	2	0	0	**140**
	10	9:00 AM	10:00 AM	20	43	2	33	11	12	14	1	2	0	**138**
	11	10:00 AM	11:00 AM	14	33	3	22	6	10	8	1	1	0	**98**
	12	11:00 AM	12:00 PM	12	28	1	20	5	7	6	3	3	0	**85**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	13	32	3	28	10	12	14	4	1	0	**117**
	14	1:00 PM	2:00 PM	18	39	1	33	10	12	12	3	1	0	**129**
	15	2:00 PM	3:00 PM	15	39	3	28	9	10	12	1	4	0	**121**
	16	3:00 PM	4:00 PM	17	41	4	25	11	11	12	1	4	0	**126**
	17	4:00 PM	5:00 PM	13	36	3	23	11	9	9	1	2	0	**107**
	18	5:00 PM	6:00 PM	20	42	2	34	11	14	11	2	0	0	**136**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	17	46	2	33	12	14	14	1	3	0	**142**
	20	7:00 PM	8:00 PM	20	42	3	33	8	12	13	3	4	0	**138**
	21	8:00 PM	9:00 PM	15	34	4	25	7	10	9	0	3	0	**107**
	22	9:00 PM	10:00 PM	11	24	4	21	5	7	5	2	3	0	**82**
	23	10:00 PM	11:00 PM	7	13	0	10	4	5	2	0	0	0	**41**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	**7**

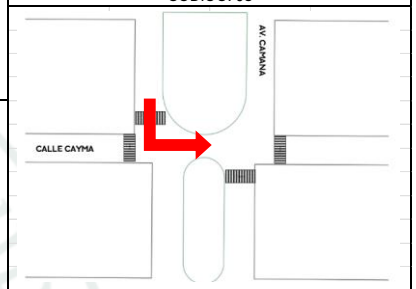
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "A" – código 3

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA ESTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	2	4	0	5	1	2	4	0	0	0	**18**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	5	8	3	13	4	8	6	2	1	0	**50**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	11	4	13	7	7	10	3	4	0	**67**
	9	8:00 AM	9:00 AM	6	10	3	14	5	7	10	2	0	0	**57**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	12	3	12	8	7	10	2	2	0	**64**
	11	10:00 AM	11:00 AM	5	7	4	5	5	5	6	3	2	0	**42**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	6	2	8	5	5	8	3	3	0	**46**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	9	2	8	5	7	9	1	1	0	**50**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	9	4	12	4	6	9	2	1	0	**55**
	15	2:00 PM	3:00 PM	8	10	3	11	5	6	9	1	2	0	**55**
	16	3:00 PM	4:00 PM	8	10	2	11	7	7	9	4	1	0	**59**
	17	4:00 PM	5:00 PM	5	9	1	9	7	5	8	2	0	0	**46**
	18	5:00 PM	6:00 PM	6	10	3	14	5	7	10	2	0	0	**57**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	9	13	2	15	7	8	11	2	3	0	**70**
	20	7:00 PM	8:00 PM	9	11	3	15	6	8	11	1	1	0	**65**
	21	8:00 PM	9:00 PM	6	10	2	10	6	7	7	3	1	0	**52**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	7	4	8	4	6	4	2	4	0	**43**
	23	10:00 PM	11:00 PM	2	4	0	4	2	3	2	0	0	0	**17**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

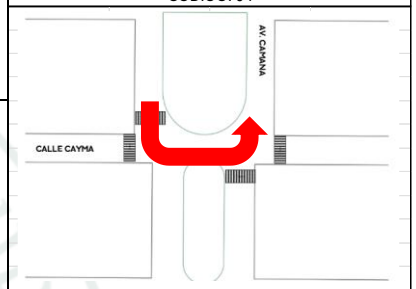
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "A" – código 4

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 04



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA NORTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	3	0	0	3	0	0	0	**7**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	3	4	7	0	0	0	**26**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	10	1	10	8	6	16	3	2	0	**63**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	15	3	12	8	9	23	2	2	0	**88**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	15	2	13	9	7	24	2	2	0	**85**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	13	2	14	11	10	23	2	2	0	**89**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	10	1	10	5	7	14	2	4	0	**60**
	12	11:00 AM	12:00 PM	8	11	3	9	6	7	18	2	3	0	**67**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	10	14	2	13	7	9	15	2	2	0	**74**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	14	3	13	8	9	22	2	2	0	**83**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	15	2	15	9	9	21	2	1	0	**86**
	16	3:00 PM	4:00 PM	10	14	3	15	7	8	20	1	4	0	**82**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	15	2	13	7	7	17	2	1	0	**74**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	15	2	13	9	7	22	2	2	0	**83**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	12	15	3	16	10	8	23	4	1	0	**92**
	20	7:00 PM	8:00 PM	12	15	4	15	8	7	24	0	1	0	**86**
	21	8:00 PM	9:00 PM	6	9	2	10	4	4	14	2	1	0	**52**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	10	1	8	5	5	13	0	2	0	**50**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	4	1	0	4	0	0	0	**17**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

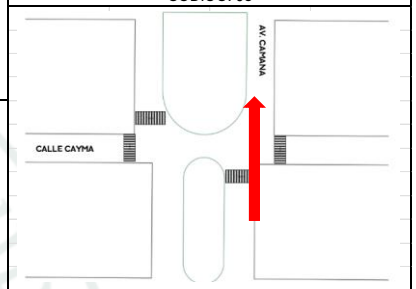
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "B" – código 5

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 05



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
SUR
HACIA
NORTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	4	0	2	0	3	4	0	0	0	**15**
	6	5:00 AM	6:00 AM	12	17	0	13	3	6	11	0	0	0	**62**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	20	31	3	23	10	11	17	2	1	0	**118**
	8	7:00 AM	8:00 AM	29	42	4	30	10	17	28	0	2	0	**162**
	9	8:00 AM	9:00 AM	27	44	2	29	8	18	27	2	2	0	**159**
	10	9:00 AM	10:00 AM	27	46	3	30	12	15	27	2	1	0	**163**
	11	10:00 AM	11:00 AM	17	29	0	22	7	10	18	2	3	0	**108**
	12	11:00 AM	12:00 PM	16	25	2	22	6	10	17	1	1	0	**100**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	19	30	4	22	7	14	19	3	1	0	**119**
	14	1:00 PM	2:00 PM	22	40	2	28	10	15	26	2	1	0	**146**
	15	2:00 PM	3:00 PM	22	39	0	25	11	15	24	1	3	0	**140**
	16	3:00 PM	4:00 PM	28	42	2	24	9	19	24	1	1	0	**150**
	17	4:00 PM	5:00 PM	24	34	0	26	8	14	22	1	2	0	**131**
	18	5:00 PM	6:00 PM	25	45	2	29	8	18	26	2	2	0	**157**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	25	42	2	32	13	15	29	3	1	0	**162**
	20	7:00 PM	8:00 PM	27	45	1	28	10	18	27	3	2	0	**161**
	21	8:00 PM	9:00 PM	20	35	0	21	8	12	19	1	3	0	**119**
	22	9:00 PM	10:00 PM	16	25	3	17	6	11	15	1	1	0	**95**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	14	0	9	4	5	6	0	0	0	**46**
	24	11:00 PM	12:00 AM	4	3	0	3	0	1	0	0	0	0	**11**

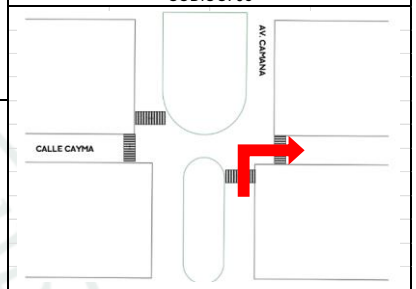
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "B" – código 6

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 06



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
SUR
HACIA
ESTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	3	0	3	0	3	3	0	0	0	**13**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	10	0	6	2	5	4	0	0	0	**34**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	12	20	1	14	7	11	10	2	3	0	**80**
	8	7:00 AM	8:00 AM	20	28	4	20	7	13	14	1	0	0	**107**
	9	8:00 AM	9:00 AM	18	33	0	27	9	15	15	3	2	0	**122**
	10	9:00 AM	10:00 AM	18	32	2	24	9	15	16	2	2	0	**120**
	11	10:00 AM	11:00 AM	14	19	1	14	7	8	9	1	1	0	**74**
	12	11:00 AM	12:00 PM	13	20	3	15	6	7	11	0	2	0	**77**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	25	2	18	7	10	9	2	4	0	**88**
	14	1:00 PM	2:00 PM	16	27	3	22	9	13	13	1	2	0	**106**
	15	2:00 PM	3:00 PM	14	31	2	21	7	14	14	4	2	0	**109**
	16	3:00 PM	4:00 PM	17	27	2	21	8	13	13	3	2	0	**106**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	25	2	20	9	10	11	3	1	0	**92**
	18	5:00 PM	6:00 PM	18	33	0	27	9	15	15	3	2	0	**122**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	21	36	1	25	11	13	15	2	2	0	**126**
	20	7:00 PM	8:00 PM	19	31	3	23	9	13	13	2	0	0	**113**
	21	8:00 PM	9:00 PM	14	22	2	15	7	7	8	1	2	0	**78**
	22	9:00 PM	10:00 PM	11	20	1	14	6	9	8	3	1	0	**73**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	9	0	7	4	4	2	0	0	0	**32**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	**5**

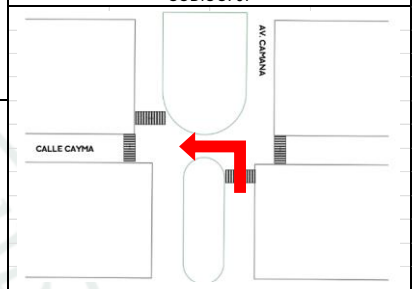
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "B" – código 7

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 07



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 10/11/2025

DESDE: SUR

HACIA: OESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	**6**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	8	0	4	3	4	4	0	0	0	**27**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	16	2	6	9	8	8	0	2	0	**58**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	21	3	10	9	12	10	1	0	0	**78**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	20	3	8	11	8	10	3	2	0	**76**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	22	2	11	10	10	8	2	1	0	**78**
	11	10:00 AM	11:00 AM	6	17	2	6	8	8	6	3	2	0	**58**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	14	2	6	6	8	4	3	3	0	**51**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	18	1	9	8	8	7	2	4	0	**65**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	21	3	9	8	9	8	1	4	0	**73**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	21	4	8	10	8	8	2	2	0	**75**
	16	3:00 PM	4:00 PM	12	20	1	8	8	9	8	3	2	0	**71**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	19	3	8	9	9	10	1	2	0	**71**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	21	3	8	11	8	10	3	2	0	**77**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	23	2	12	11	11	9	3	3	0	**85**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	21	2	8	8	8	8	2	2	0	**70**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	14	2	6	6	8	4	2	2	0	**52**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	13	3	8	7	6	4	4	2	0	**54**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	7	0	4	3	4	2	0	0	0	**23**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**

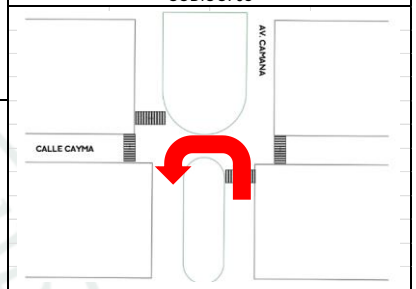
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "B" – código 8

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 08



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE: SUR

HACIA: SUR



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	3	4	0	5	1	2	0	0	0	0	**15**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	4	5	3	9	4	5	1	2	2	0	**35**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	5	1	13	6	8	4	2	2	0	**49**
	9	8:00 AM	9:00 AM	7	7	1	13	5	7	1	3	2	0	**46**
	10	9:00 AM	10:00 AM	5	5	1	12	6	7	3	2	1	0	**42**
	11	10:00 AM	11:00 AM	5	5	1	8	5	6	0	2	2	0	**34**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	5	2	8	5	5	2	2	2	0	**36**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	6	6	2	10	5	6	1	2	4	0	**42**
	14	1:00 PM	2:00 PM	7	5	2	12	5	8	4	3	1	0	**47**
	15	2:00 PM	3:00 PM	6	5	2	12	5	7	3	1	2	0	**43**
	16	3:00 PM	4:00 PM	5	4	1	12	4	7	3	1	2	0	**39**
	17	4:00 PM	5:00 PM	6	5	1	11	7	6	3	3	1	0	**43**
	18	5:00 PM	6:00 PM	7	7	1	13	5	7	2	3	2	0	**47**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	5	1	13	4	7	2	2	3	0	**45**
	20	7:00 PM	8:00 PM	7	7	2	12	6	8	2	2	2	0	**48**
	21	8:00 PM	9:00 PM	4	5	3	9	4	4	0	2	4	0	**35**
	22	9:00 PM	10:00 PM	5	5	2	10	5	4	0	1	3	0	**35**
	23	10:00 PM	11:00 PM	0	3	0	4	1	0	0	0	0	0	**8**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

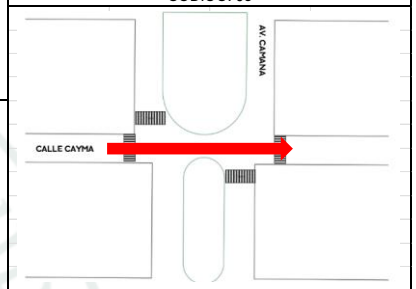
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "C" – código 9

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 09



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
ESTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	8	0	4	2	3	3	0	0	0	**25**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	13	16	2	6	5	5	4	2	2	0	**55**
	8	7:00 AM	8:00 AM	17	24	4	8	6	6	7	4	2	0	**78**
	9	8:00 AM	9:00 AM	17	26	1	10	7	6	8	2	3	0	**80**
	10	9:00 AM	10:00 AM	17	28	2	9	7	7	7	4	1	0	**82**
	11	10:00 AM	11:00 AM	12	20	2	5	4	6	4	2	4	0	**59**
	12	11:00 AM	12:00 PM	13	17	3	5	6	5	5	0	3	0	**57**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	14	18	2	4	7	6	5	4	4	0	**64**
	14	1:00 PM	2:00 PM	16	24	2	9	4	5	8	2	2	0	**72**
	15	2:00 PM	3:00 PM	16	25	4	9	7	6	6	2	4	0	**79**
	16	3:00 PM	4:00 PM	16	25	3	8	7	7	7	3	2	0	**78**
	17	4:00 PM	5:00 PM	13	21	2	7	5	5	5	4	2	0	**64**
	18	5:00 PM	6:00 PM	17	27	1	10	7	6	8	2	3	0	**81**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	16	26	3	9	5	7	7	3	1	0	**77**
	20	7:00 PM	8:00 PM	17	27	2	8	6	6	6	3	4	0	**79**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	19	2	7	6	4	4	3	2	0	**55**
	22	9:00 PM	10:00 PM	11	18	0	5	4	4	4	3	2	0	**51**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	7	0	4	1	1	0	0	0	0	**18**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**4**

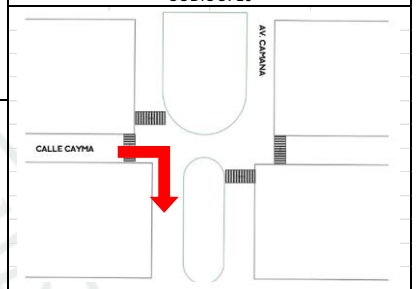
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "C" – código 10

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 10



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
SUR



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	3	0	3	0	1	0	0	0	0	**10**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	12	0	9	1	5	3	0	0	0	**37**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	16	26	3	19	6	10	5	4	2	0	**91**
	8	7:00 AM	8:00 AM	18	30	2	21	10	12	6	3	3	0	**105**
	9	8:00 AM	9:00 AM	21	34	1	24	10	16	6	3	4	0	**119**
	10	9:00 AM	10:00 AM	20	33	2	21	8	13	6	4	2	0	**109**
	11	10:00 AM	11:00 AM	17	19	2	13	6	11	4	2	3	0	**77**
	12	11:00 AM	12:00 PM	15	20	0	13	6	10	5	1	1	0	**71**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	18	24	2	15	7	12	5	4	2	0	**89**
	14	1:00 PM	2:00 PM	18	30	3	20	8	12	7	2	2	0	**102**
	15	2:00 PM	3:00 PM	21	29	3	19	10	14	7	3	2	0	**108**
	16	3:00 PM	4:00 PM	19	28	4	21	10	12	5	2	1	0	**102**
	17	4:00 PM	5:00 PM	15	26	0	18	9	12	7	4	2	0	**93**
	18	5:00 PM	6:00 PM	21	31	1	23	10	16	6	3	4	0	**115**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	21	32	3	23	11	12	8	2	1	0	**113**
	20	7:00 PM	8:00 PM	19	31	4	22	10	14	8	3	4	0	**115**
	21	8:00 PM	9:00 PM	16	22	3	16	9	8	5	1	2	0	**82**
	22	9:00 PM	10:00 PM	12	20	2	12	6	7	4	1	3	0	**67**
	23	10:00 PM	11:00 PM	7	10	0	6	3	4	0	0	0	0	**30**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**

VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "C" – código 11

Universidad Católica de Santa María	Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil	CODIGO: 11

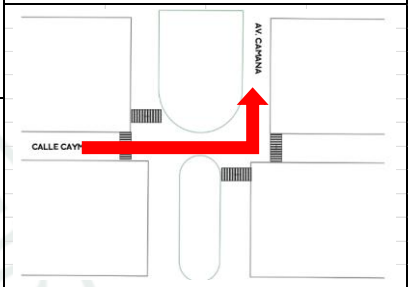
FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 10/11/2025

DESDE: OESTE

HACIA: NORTE





TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	4	2	3	3	0	0	0	**21**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	12	1	8	5	5	5	3	3	0	**50**
	8	7:00 AM	8:00 AM	10	18	2	11	6	7	8	4	2	0	**68**
	9	8:00 AM	9:00 AM	9	19	4	11	5	8	7	3	2	0	**68**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	19	2	11	5	7	8	3	3	0	**66**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	15	1	9	5	5	6	1	4	0	**55**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	11	4	7	5	5	4	3	4	0	**48**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	14	3	7	5	7	6	2	2	0	**54**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	18	3	10	5	7	6	4	1	0	**64**
	15	2:00 PM	3:00 PM	9	17	2	9	5	8	8	2	3	0	**63**
	16	3:00 PM	4:00 PM	8	19	3	11	4	8	8	4	1	0	**66**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	17	2	8	8	8	8	2	2	0	**63**
	18	5:00 PM	6:00 PM	9	21	4	11	5	8	7	3	2	0	**70**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	19	3	11	6	8	8	2	1	0	**68**
	20	7:00 PM	8:00 PM	8	18	1	10	4	7	8	4	3	0	**63**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	13	2	9	5	5	4	0	2	0	**48**
	22	9:00 PM	10:00 PM	5	11	4	6	4	4	4	1	0	0	**39**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	5	0	3	1	2	0	0	0	0	**14**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

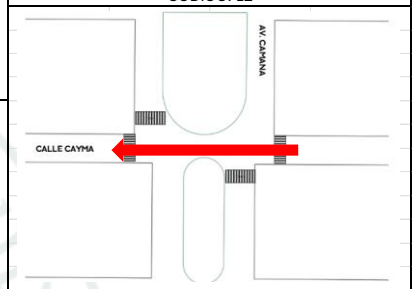
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "D" – código 12

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 12



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
OESTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**3**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	4	5	4	4	0	0	0	**26**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	12	2	6	8	10	7	1	1	0	**55**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	12	3	11	11	13	10	4	2	0	**78**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	16	3	13	10	12	9	2	3	0	**79**
	10	9:00 AM	10:00 AM	9	13	2	11	10	10	9	4	4	0	**72**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	9	1	9	8	11	5	1	2	0	**53**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	8	1	8	6	10	5	2	0	0	**46**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	8	3	8	8	7	6	3	3	0	**53**
	14	1:00 PM	2:00 PM	9	14	3	10	10	12	8	2	4	0	**72**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	13	1	11	11	10	7	4	1	0	**68**
	16	3:00 PM	4:00 PM	8	11	3	8	9	11	7	4	4	0	**65**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	12	1	10	11	10	9	3	2	0	**67**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	16	3	13	10	12	9	2	3	0	**79**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	12	16	3	12	12	13	10	4	3	0	**85**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	13	3	11	10	11	9	4	2	0	**73**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	10	2	8	8	10	6	2	4	0	**58**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	11	3	6	8	7	4	3	3	0	**51**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	4	4	4	2	0	0	0	**22**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

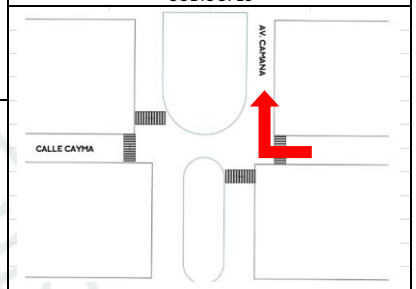
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "D" – código 13

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 13



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	4	4	4	3	0	0	0	**24**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	14	2	9	7	7	5	4	2	0	**57**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	20	2	14	10	9	5	3	2	0	**76**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	19	4	13	8	10	8	4	3	0	**80**
	10	9:00 AM	10:00 AM	11	19	2	12	8	11	6	3	3	0	**75**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	14	3	9	5	7	5	2	2	0	**55**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	14	1	8	5	7	4	1	2	0	**48**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	15	3	10	5	9	5	2	2	0	**59**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	18	2	12	8	10	6	3	2	0	**72**
	15	2:00 PM	3:00 PM	9	17	1	12	8	9	8	0	4	0	**68**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	19	2	12	6	9	8	4	3	0	**72**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	15	2	11	8	9	8	4	0	0	**68**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	20	4	13	8	10	8	4	3	0	**81**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	19	2	13	10	10	7	4	2	0	**77**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	18	4	14	8	10	7	3	4	0	**78**
	21	8:00 PM	9:00 PM	7	12	2	10	8	7	4	1	2	0	**53**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	11	3	10	6	6	4	3	1	0	**51**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	4	0	4	4	3	0	0	0	0	**18**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

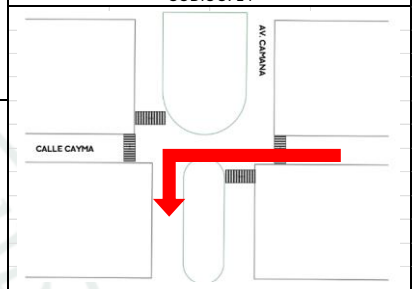
AFOROS VEHICULARES DÍA 10-11-2025

Acceso "D" – código 14

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 14



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE ESTE

HACIA NORTE



FECHA: 10/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	3	4	3	0	0	0	**22**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	8	1	8	5	8	5	2	2	0	**47**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	10	3	8	8	8	7	3	4	0	**62**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	11	3	10	9	10	6	4	3	0	**67**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	12	3	11	9	12	8	2	3	0	**73**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	8	4	9	8	8	6	1	2	0	**54**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	6	1	6	6	7	4	2	0	0	**39**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	8	1	9	9	8	5	2	3	0	**52**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	12	1	8	9	9	7	2	3	0	**62**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	12	3	10	9	10	8	3	3	0	**70**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	9	4	9	8	11	8	3	2	0	**65**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	9	0	9	10	10	5	2	2	0	**56**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	11	3	10	9	10	6	4	3	0	**67**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	12	4	8	11	9	8	2	2	0	**67**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	11	2	8	9	8	8	4	3	0	**63**
	21	8:00 PM	9:00 PM	5	7	2	5	7	6	4	3	1	0	**40**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	7	1	4	4	6	4	3	1	0	**37**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	3	0	2	3	3	0	0	0	0	**14**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

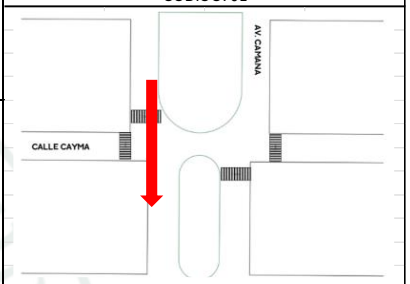
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "A" – código 1

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 01



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 11/11/2025

DESDE
NORTE
HACIA
SUR



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	**3**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	6	0	3	1	3	5	0	0	0	**21**
	6	5:00 AM	6:00 AM	10	18	0	10	5	10	8	0	0	0	**61**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	22	34	2	20	13	17	13	3	3	0	**127**
	8	7:00 AM	8:00 AM	26	50	3	30	17	26	27	1	3	0	**183**
	9	8:00 AM	9:00 AM	27	52	1	29	19	22	23	2	2	0	**177**
	10	9:00 AM	10:00 AM	30	50	2	34	16	28	26	2	1	0	**189**
	11	10:00 AM	11:00 AM	21	36	1	20	12	16	18	2	1	0	**127**
	12	11:00 AM	12:00 PM	20	31	3	20	13	18	18	2	1	0	**126**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	20	37	1	23	17	18	22	2	4	0	**144**
	14	1:00 PM	2:00 PM	28	50	1	30	18	20	22	3	3	0	**175**
	15	2:00 PM	3:00 PM	29	47	2	29	15	24	25	0	0	0	**171**
	16	3:00 PM	4:00 PM	26	48	1	29	18	23	26	2	2	0	**175**
	17	4:00 PM	5:00 PM	26	39	2	22	16	19	19	2	0	0	**145**
	18	5:00 PM	6:00 PM	28	51	1	29	19	23	23	2	2	0	**178**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	31	48	3	31	20	30	29	3	2	0	**197**
	20	7:00 PM	8:00 PM	29	52	3	30	17	26	26	3	2	0	**188**
	21	8:00 PM	9:00 PM	20	36	3	20	15	20	20	3	3	0	**140**
	22	9:00 PM	10:00 PM	16	29	3	18	13	16	14	3	2	0	**114**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	15	0	10	4	8	7	0	0	0	**52**
	24	11:00 PM	12:00 AM	4	5	0	3	1	4	0	0	0	0	**17**

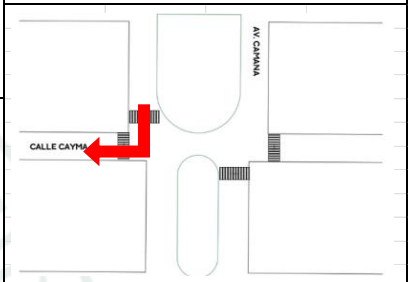
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "A" – código 2

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 02



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA OESTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	**4**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	4	0	4	0	1	3	0	0	0	**13**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	17	0	13	4	5	5	0	0	0	**51**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	12	32	3	24	7	11	10	2	1	0	**102**
	8	7:00 AM	8:00 AM	19	47	3	40	15	14	17	3	0	0	**158**
	9	8:00 AM	9:00 AM	20	42	4	37	11	15	18	2	2	0	**151**
	10	9:00 AM	10:00 AM	22	43	3	32	12	18	15	1	1	0	**147**
	11	10:00 AM	11:00 AM	12	30	2	24	10	10	11	1	1	0	**101**
	12	11:00 AM	12:00 PM	11	31	2	21	7	5	11	2	3	0	**93**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	19	35	2	26	12	11	11	1	3	0	**120**
	14	1:00 PM	2:00 PM	18	47	4	32	11	11	14	3	4	0	**144**
	15	2:00 PM	3:00 PM	14	42	2	31	12	12	14	2	2	0	**131**
	16	3:00 PM	4:00 PM	19	42	2	30	13	15	14	2	2	0	**139**
	17	4:00 PM	5:00 PM	17	33	2	29	9	10	13	3	3	0	**119**
	18	5:00 PM	6:00 PM	20	45	4	37	11	15	18	2	2	0	**154**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	21	47	2	38	14	16	13	2	1	0	**154**
	20	7:00 PM	8:00 PM	21	47	3	34	11	13	15	2	1	0	**147**
	21	8:00 PM	9:00 PM	13	33	2	24	10	12	10	3	1	0	**108**
	22	9:00 PM	10:00 PM	12	25	0	23	8	7	9	1	4	0	**89**
	23	10:00 PM	11:00 PM	7	13	0	12	4	5	2	0	0	0	**43**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	**7**

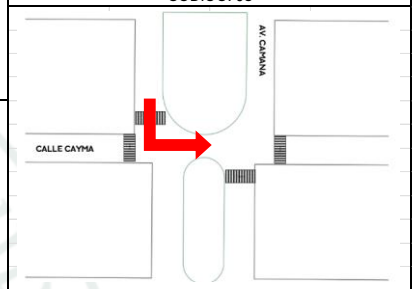
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "A" – código 3

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
NORTE
HACIA
ESTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	2	2	4	0	0	0	**20**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	6	2	10	4	5	7	1	3	0	**45**
	8	7:00 AM	8:00 AM	10	11	2	13	8	9	11	1	2	0	**67**
	9	8:00 AM	9:00 AM	9	11	2	13	8	8	10	3	2	0	**66**
	10	9:00 AM	10:00 AM	9	11	2	12	7	8	10	3	2	0	**64**
	11	10:00 AM	11:00 AM	5	6	4	10	4	4	8	4	2	0	**47**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	5	1	8	5	6	7	4	1	0	**42**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	8	1	12	4	6	8	2	3	0	**52**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	9	3	10	7	9	10	3	1	0	**62**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	11	3	11	8	7	10	3	3	0	**66**
	16	3:00 PM	4:00 PM	7	9	3	11	6	7	9	0	4	0	**56**
	17	4:00 PM	5:00 PM	7	10	1	8	6	5	9	2	2	0	**50**
	18	5:00 PM	6:00 PM	9	11	2	13	8	8	10	3	2	0	**66**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	12	1	13	8	8	11	3	2	0	**68**
	20	7:00 PM	8:00 PM	8	9	3	12	7	8	8	1	3	0	**59**
	21	8:00 PM	9:00 PM	5	7	0	9	5	5	5	3	1	0	**40**
	22	9:00 PM	10:00 PM	5	4	1	8	4	4	4	2	1	0	**33**
	23	10:00 PM	11:00 PM	2	2	0	4	0	2	1	0	0	0	**11**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

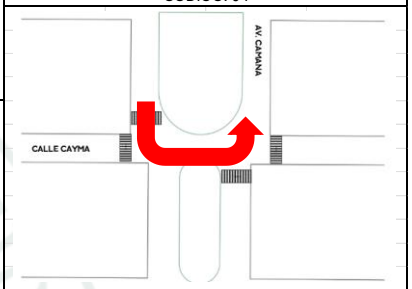
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "A" – código 4

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 04



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA NORTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	3	4	0	0	0	**8**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	6	0	7	4	4	11	0	0	0	**36**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	12	3	13	11	7	20	1	2	0	**79**
	8	7:00 AM	8:00 AM	15	17	4	19	11	10	28	3	1	0	**108**
	9	8:00 AM	9:00 AM	15	16	2	17	13	9	28	2	3	0	**105**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	16	2	17	9	10	25	2	3	0	**96**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	11	2	12	8	7	19	3	3	0	**73**
	12	11:00 AM	12:00 PM	9	14	2	11	8	7	19	2	2	0	**74**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	15	3	14	8	8	21	1	1	0	**82**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	16	2	17	12	11	23	0	2	0	**95**
	15	2:00 PM	3:00 PM	11	15	1	16	10	9	24	0	2	0	**88**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	16	3	17	10	9	26	3	3	0	**100**
	17	4:00 PM	5:00 PM	12	11	2	15	11	10	22	0	2	0	**85**
	18	5:00 PM	6:00 PM	15	17	2	17	13	9	28	2	3	0	**106**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	14	17	3	16	8	10	27	1	2	0	**98**
	20	7:00 PM	8:00 PM	16	19	2	20	14	13	28	2	3	0	**117**
	21	8:00 PM	9:00 PM	10	15	2	14	12	10	21	1	1	0	**86**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	10	3	10	7	6	15	1	3	0	**64**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	5	3	3	7	0	0	0	**26**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

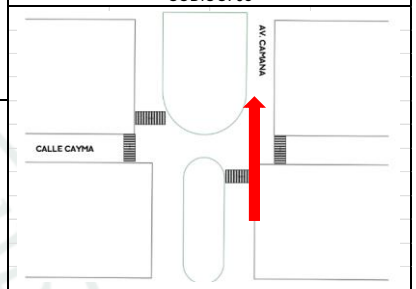
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "B" – código 5

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 05



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA NORTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	5	4:00 AM	5:00 AM	4	7	0	5	1	3	5	0	0	0	**25**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	15	0	7	3	5	8	0	0	0	**46**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	20	35	2	17	7	13	21	3	3	0	**121**
	8	7:00 AM	8:00 AM	25	46	3	30	13	18	28	1	1	0	**165**
	9	8:00 AM	9:00 AM	29	51	2	34	13	15	27	1	1	0	**173**
	10	9:00 AM	10:00 AM	24	45	4	34	14	18	28	2	1	0	**170**
	11	10:00 AM	11:00 AM	18	33	1	27	9	11	23	4	3	0	**129**
	12	11:00 AM	12:00 PM	17	30	2	21	7	12	17	1	0	0	**107**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	22	34	1	24	9	12	20	2	2	0	**126**
	14	1:00 PM	2:00 PM	22	40	1	28	11	17	24	2	3	0	**148**
	15	2:00 PM	3:00 PM	25	41	2	25	13	18	27	3	3	0	**157**
	16	3:00 PM	4:00 PM	23	41	4	28	13	16	25	3	0	0	**153**
	17	4:00 PM	5:00 PM	19	44	3	27	10	14	25	1	2	0	**145**
	18	5:00 PM	6:00 PM	30	50	2	35	13	15	27	1	1	0	**174**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	30	44	1	32	11	18	27	3	4	0	**170**
	20	7:00 PM	8:00 PM	25	48	3	34	11	17	29	3	1	0	**171**
	21	8:00 PM	9:00 PM	20	35	2	24	8	11	16	0	2	0	**118**
	22	9:00 PM	10:00 PM	17	33	1	22	9	12	19	2	4	0	**119**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	13	0	9	4	4	6	0	0	0	**44**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	**8**

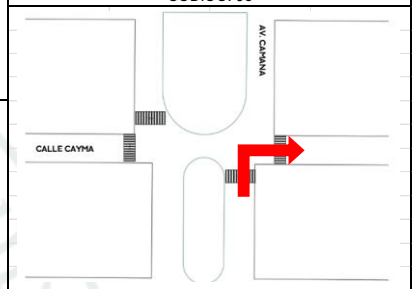
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "B" – código 6

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 06



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
SUR
HACIA
ESTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	**5**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	9	0	8	3	4	4	0	0	0	**34**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	20	1	13	7	6	7	2	1	0	**68**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	24	2	20	8	11	11	2	4	0	**96**
	9	8:00 AM	9:00 AM	15	28	4	18	7	9	11	2	2	0	**96**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	23	3	18	8	10	9	2	3	0	**89**
	11	10:00 AM	11:00 AM	10	20	1	11	7	8	8	4	1	0	**70**
	12	11:00 AM	12:00 PM	9	17	3	9	5	7	6	2	0	0	**58**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	10	17	1	15	8	7	8	1	2	0	**69**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	21	2	16	7	9	9	2	4	0	**82**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	23	3	16	7	9	11	2	2	0	**85**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	26	4	18	6	10	11	2	3	0	**93**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	20	4	12	9	10	11	2	2	0	**81**
	18	5:00 PM	6:00 PM	15	26	4	18	7	9	11	2	2	0	**94**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	14	24	4	18	8	11	13	4	3	0	**99**
	20	7:00 PM	8:00 PM	14	24	3	18	8	11	11	4	2	0	**95**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	17	3	12	7	7	7	1	1	0	**66**
	22	9:00 PM	10:00 PM	8	13	2	11	5	5	4	3	2	0	**53**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	7	0	6	2	4	2	0	0	0	**25**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**

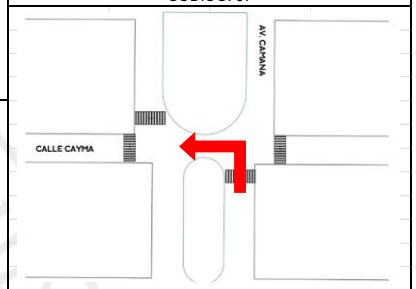
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "B" – código 7

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 07



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA OESTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	**3**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	8	0	5	2	2	4	1	0	0	**28**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	10	0	7	6	5	6	2	3	0	**47**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	20	2	9	7	8	8	0	3	0	**68**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	22	2	9	7	7	8	2	1	0	**69**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	22	3	8	9	7	8	2	1	0	**72**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	16	2	5	6	5	6	4	2	0	**53**
	12	11:00 AM	12:00 PM	8	19	2	6	5	5	8	0	3	0	**56**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	18	3	5	5	7	7	2	2	0	**56**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	20	2	8	7	7	8	3	3	0	**69**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	20	2	7	8	8	8	3	2	0	**68**
	16	3:00 PM	4:00 PM	12	21	4	8	8	8	8	3	1	0	**73**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	18	2	9	7	6	8	2	3	0	**63**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	22	2	9	7	7	8	2	1	0	**69**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	24	3	8	8	8	9	2	2	0	**75**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	23	4	8	8	7	8	1	3	0	**73**
	21	8:00 PM	9:00 PM	10	15	2	6	5	6	6	3	1	0	**54**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	14	3	4	4	5	4	2	2	0	**45**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	7	0	3	1	1	2	0	0	0	**18**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**

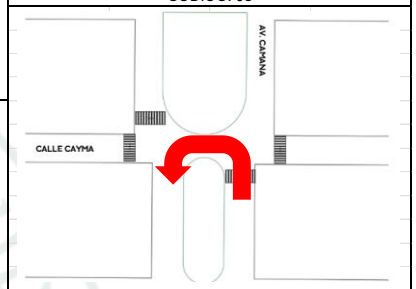
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "B" – código 8

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 08



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA SUR



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	1	0	6	1	4	2	0	0	0	**18**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	5	5	1	14	5	8	5	1	2	0	**46**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	8	3	21	6	9	5	3	3	0	**66**
	9	8:00 AM	9:00 AM	7	7	2	16	5	8	4	0	3	0	**52**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	7	4	18	6	11	4	3	2	0	**63**
	11	10:00 AM	11:00 AM	6	6	2	13	5	7	4	3	1	0	**47**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	5	2	15	4	6	4	3	1	0	**45**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	5	8	2	13	5	9	4	3	2	0	**51**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	8	2	17	7	10	4	2	2	0	**60**
	15	2:00 PM	3:00 PM	8	8	3	16	7	9	4	3	1	0	**59**
	16	3:00 PM	4:00 PM	7	8	3	16	7	8	4	1	1	0	**55**
	17	4:00 PM	5:00 PM	7	7	2	15	7	8	4	2	1	0	**53**
	18	5:00 PM	6:00 PM	7	7	2	16	5	8	4	0	3	0	**52**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	8	4	20	8	10	4	2	2	0	**66**
	20	7:00 PM	8:00 PM	8	8	0	19	6	9	4	2	2	0	**58**
	21	8:00 PM	9:00 PM	4	5	1	14	4	7	0	3	1	0	**39**
	22	9:00 PM	10:00 PM	5	5	2	14	4	6	0	1	4	0	**41**
	23	10:00 PM	11:00 PM	1	3	0	5	2	3	0	0	0	0	**14**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**

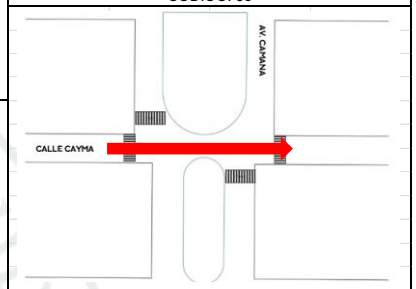
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "C" – código 9

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 09



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
ESTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	9	0	4	1	3	1	0	0	0	**22**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	17	1	7	5	5	5	3	3	0	**56**
	8	7:00 AM	8:00 AM	15	24	4	8	8	7	7	3	2	0	**78**
	9	8:00 AM	9:00 AM	13	23	2	9	5	5	6	4	4	0	**71**
	10	9:00 AM	10:00 AM	14	23	3	8	7	5	5	3	4	0	**72**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	15	3	7	6	5	5	3	4	0	**57**
	12	11:00 AM	12:00 PM	11	14	1	6	4	5	5	1	4	0	**51**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	16	2	8	6	6	7	2	4	0	**62**
	14	1:00 PM	2:00 PM	13	23	3	8	6	7	6	4	4	0	**74**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	24	1	8	6	8	7	3	4	0	**73**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	21	3	9	6	6	7	3	4	0	**72**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	17	1	8	5	6	5	1	4	0	**58**
	18	5:00 PM	6:00 PM	13	22	2	9	5	5	6	4	4	0	**70**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	16	28	2	8	6	7	7	4	3	0	**81**
	20	7:00 PM	8:00 PM	13	20	3	9	7	6	6	4	3	0	**71**
	21	8:00 PM	9:00 PM	12	17	3	8	7	6	4	4	1	0	**62**
	22	9:00 PM	10:00 PM	8	16	3	7	4	5	4	4	1	0	**52**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	5	0	3	0	1	0	0	0	0	**14**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

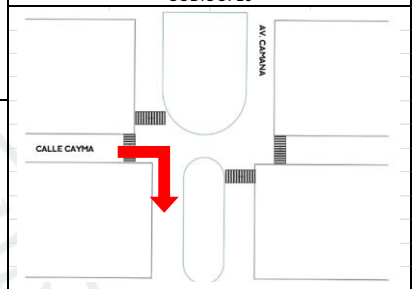
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "C" – código 10

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 10



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
SUR



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	4	0	3	0	3	2	0	0	0	**15**
	6	5:00 AM	6:00 AM	10	15	0	10	3	5	4	0	0	0	**47**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	19	28	4	20	9	10	6	1	2	0	**99**
	8	7:00 AM	8:00 AM	26	41	1	28	13	16	8	3	1	0	**137**
	9	8:00 AM	9:00 AM	27	41	2	25	13	11	8	1	1	0	**129**
	10	9:00 AM	10:00 AM	24	43	4	27	10	13	9	2	2	0	**134**
	11	10:00 AM	11:00 AM	16	26	1	21	8	9	6	1	1	0	**89**
	12	11:00 AM	12:00 PM	15	25	3	18	8	9	6	3	2	0	**89**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	15	27	2	18	8	10	9	3	1	0	**93**
	14	1:00 PM	2:00 PM	23	36	3	26	9	13	9	1	1	0	**121**
	15	2:00 PM	3:00 PM	21	36	2	24	11	13	9	3	0	0	**119**
	16	3:00 PM	4:00 PM	22	34	4	24	11	11	10	3	4	0	**123**
	17	4:00 PM	5:00 PM	23	35	3	23	10	12	10	1	3	0	**120**
	18	5:00 PM	6:00 PM	28	40	2	25	13	11	8	1	1	0	**129**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	22	42	2	27	12	15	11	1	2	0	**134**
	20	7:00 PM	8:00 PM	25	40	1	27	9	12	9	2	1	0	**126**
	21	8:00 PM	9:00 PM	21	33	2	23	8	12	8	3	3	0	**113**
	22	9:00 PM	10:00 PM	17	23	3	19	7	6	7	3	3	0	**88**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	14	0	7	4	5	2	0	0	0	**38**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**7**

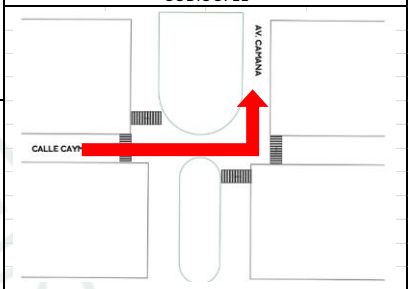
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso “C” – código 11

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 11



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	4	3	1	2	0	0	0	**19**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	6	9	3	6	5	4	4	0	3	0	**40**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	19	3	11	6	8	7	3	2	0	**67**
	9	8:00 AM	9:00 AM	9	18	3	10	6	6	8	2	2	0	**64**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	15	2	10	4	7	6	3	1	0	**56**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	12	2	8	5	4	6	1	1	0	**46**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	13	2	7	5	5	6	2	1	0	**48**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	9	14	1	9	8	5	8	2	3	0	**59**
	14	1:00 PM	2:00 PM	9	17	3	12	5	7	8	3	1	0	**65**
	15	2:00 PM	3:00 PM	8	17	4	11	6	7	8	4	2	0	**67**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	18	4	9	5	7	8	2	2	0	**64**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	15	2	9	5	5	7	4	1	0	**57**
	18	5:00 PM	6:00 PM	9	18	3	10	6	6	8	2	2	0	**64**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	17	4	11	6	8	8	3	2	0	**67**
	20	7:00 PM	8:00 PM	9	16	2	9	5	7	7	4	2	0	**61**
	21	8:00 PM	9:00 PM	7	11	3	7	5	4	4	3	3	0	**47**
	22	9:00 PM	10:00 PM	8	10	1	6	4	4	4	0	3	0	**40**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	4	2	2	0	0	0	0	**16**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

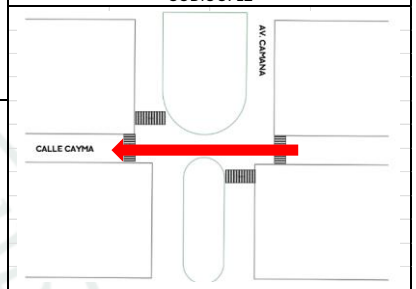
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "D" – código 12

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 12



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
OESTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**1**
	6	5:00 AM	6:00 AM	2	4	0	4	2	4	1	0	0	0	**17**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	5	8	2	9	5	6	4	2	1	0	**42**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	9	4	10	6	9	5	4	3	0	**58**
	9	8:00 AM	9:00 AM	8	9	2	8	6	9	6	3	3	0	**54**
	10	9:00 AM	10:00 AM	7	8	4	8	7	9	6	4	3	0	**56**
	11	10:00 AM	11:00 AM	5	7	0	6	5	6	5	1	2	0	**37**
	12	11:00 AM	12:00 PM	4	7	1	5	5	5	5	0	2	0	**34**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	5	8	2	8	7	8	6	3	1	0	**48**
	14	1:00 PM	2:00 PM	7	9	2	8	7	8	5	3	4	0	**53**
	15	2:00 PM	3:00 PM	7	8	3	8	5	8	4	4	3	0	**50**
	16	3:00 PM	4:00 PM	7	8	4	8	7	8	4	4	4	0	**54**
	17	4:00 PM	5:00 PM	4	8	3	7	5	9	4	2	4	0	**46**
	18	5:00 PM	6:00 PM	8	9	2	8	6	9	6	3	3	0	**54**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	7	9	2	8	6	8	6	3	2	0	**51**
	20	7:00 PM	8:00 PM	8	8	3	8	8	9	5	4	4	0	**57**
	21	8:00 PM	9:00 PM	6	8	2	7	5	9	4	2	2	0	**45**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	6	2	4	4	6	4	3	1	0	**34**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	3	0	3	2	4	0	0	0	0	**15**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

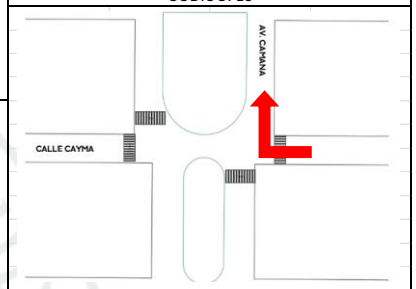
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "D" – código 13

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 13



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	1	0	3	0	0	0	0	**6**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	9	0	7	3	6	2	0	0	0	**33**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	17	3	14	8	9	4	3	3	0	**71**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	23	3	17	11	14	7	2	3	0	**91**
	9	8:00 AM	9:00 AM	13	23	4	16	11	13	8	4	3	0	**95**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	21	2	16	8	14	6	3	4	0	**87**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	15	3	11	6	8	6	2	3	0	**62**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	14	1	11	8	6	4	3	2	0	**56**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	17	2	12	7	7	6	2	4	0	**64**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	21	3	16	8	11	6	3	3	0	**82**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	20	4	16	8	12	5	3	2	0	**82**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	22	3	13	9	11	5	3	3	0	**80**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	21	1	11	8	11	5	3	1	0	**69**
	18	5:00 PM	6:00 PM	13	24	4	16	11	13	8	4	3	0	**96**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	12	22	3	17	9	14	8	4	3	0	**92**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	22	2	17	8	13	7	4	2	0	**85**
	21	8:00 PM	9:00 PM	6	15	3	12	5	9	4	4	3	0	**61**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	13	1	10	4	9	4	4	2	0	**53**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	6	0	6	3	5	0	0	0	0	**23**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	**3**

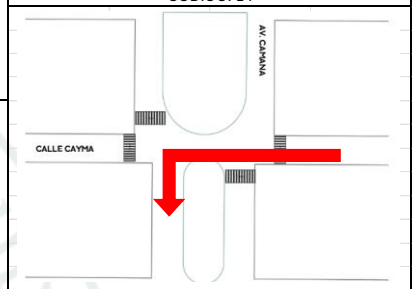
AFOROS VEHICULARES DÍA 11-11-2025

Acceso "D" – código 14

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 14



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE ESTE

HACIA NORTE



FECHA: 11/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	3	4	1	0	0	0	**20**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	6	7	4	7	6	7	6	1	1	0	**45**
	8	7:00 AM	8:00 AM	10	11	3	9	8	8	8	3	2	0	**62**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	12	3	8	8	10	8	2	3	0	**64**
	10	9:00 AM	10:00 AM	10	11	4	8	8	8	7	3	3	0	**62**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	8	3	5	6	8	5	1	3	0	**46**
	12	11:00 AM	12:00 PM	8	6	3	6	7	6	4	2	2	0	**44**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	9	3	9	8	9	6	3	3	0	**58**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	9	4	9	9	9	7	4	3	0	**62**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	9	3	8	8	10	8	2	2	0	**62**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	10	4	8	8	9	6	1	3	0	**58**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	9	2	9	10	9	10	3	1	0	**63**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	12	3	8	8	10	8	2	3	0	**64**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	11	3	9	9	10	8	4	2	0	**66**
	20	7:00 PM	8:00 PM	9	9	3	9	8	9	9	2	3	0	**61**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	8	3	8	6	7	5	3	1	0	**49**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	6	1	6	4	5	4	1	3	0	**37**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	3	0	3	3	4	2	0	0	0	**18**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

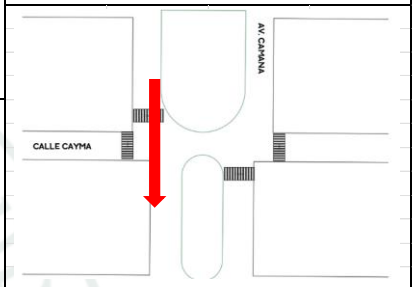
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "A" – código 1

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 01



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA SUR



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	**4**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	6	0	3	1	3	4	0	0	0	**19**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	13	0	9	3	7	9	0	0	0	**49**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	19	28	1	19	12	13	17	2	3	0	**114**
	8	7:00 AM	8:00 AM	30	42	2	26	12	20	24	3	0	0	**159**
	9	8:00 AM	9:00 AM	24	40	2	24	13	20	24	2	1	0	**150**
	10	9:00 AM	10:00 AM	27	38	2	26	10	21	24	1	1	0	**150**
	11	10:00 AM	11:00 AM	18	29	2	18	9	17	17	1	3	0	**114**
	12	11:00 AM	12:00 PM	19	31	3	20	8	18	17	3	2	0	**121**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	21	29	2	17	8	16	18	1	3	0	**115**
	14	1:00 PM	2:00 PM	26	36	3	24	13	21	23	2	1	0	**149**
	15	2:00 PM	3:00 PM	23	41	2	24	14	24	23	3	3	0	**157**
	16	3:00 PM	4:00 PM	24	35	2	26	11	24	22	2	3	0	**149**
	17	4:00 PM	5:00 PM	22	41	4	20	10	19	18	0	3	0	**137**
	18	5:00 PM	6:00 PM	26	41	2	23	13	20	25	2	1	0	**153**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	24	43	0	30	16	24	24	2	2	0	**165**
	20	7:00 PM	8:00 PM	22	40	2	25	14	24	24	2	2	0	**155**
	21	8:00 PM	9:00 PM	19	30	1	23	7	16	18	3	3	0	**120**
	22	9:00 PM	10:00 PM	16	26	2	20	9	11	14	2	3	0	**103**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	12	0	7	5	6	6	0	0	0	**42**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**6**

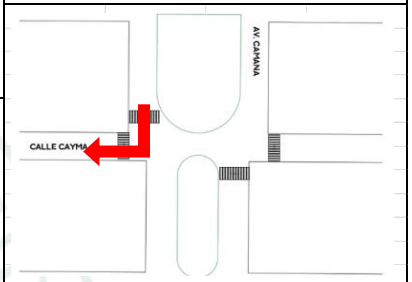
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "A" – código 2

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 02



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
NORTE
HACIA
OESTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	**4**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	4	0	3	0	3	1	0	0	0	**12**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	20	0	14	4	5	6	0	0	0	**57**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	15	32	1	23	5	7	10	1	1	0	**95**
	8	7:00 AM	8:00 AM	19	47	4	31	10	13	15	2	3	0	**144**
	9	8:00 AM	9:00 AM	19	48	4	33	8	15	14	2	0	0	**143**
	10	9:00 AM	10:00 AM	20	45	2	34	12	14	16	2	2	0	**147**
	11	10:00 AM	11:00 AM	10	33	4	27	5	9	11	3	2	0	**104**
	12	11:00 AM	12:00 PM	11	30	1	23	7	6	10	2	1	0	**91**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	30	1	31	8	9	12	2	2	0	**106**
	14	1:00 PM	2:00 PM	19	43	3	31	11	12	12	2	1	0	**134**
	15	2:00 PM	3:00 PM	16	42	3	33	9	11	14	3	1	0	**132**
	16	3:00 PM	4:00 PM	18	45	2	33	9	13	15	2	1	0	**138**
	17	4:00 PM	5:00 PM	16	36	3	27	10	14	15	1	3	0	**125**
	18	5:00 PM	6:00 PM	20	46	4	32	8	15	14	2	0	0	**141**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	17	45	4	35	12	15	16	1	3	0	**148**
	20	7:00 PM	8:00 PM	20	47	4	37	11	13	16	1	2	0	**151**
	21	8:00 PM	9:00 PM	12	36	4	26	9	10	10	2	3	0	**112**
	22	9:00 PM	10:00 PM	12	28	4	22	9	10	8	2	4	0	**99**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	13	0	10	4	5	3	0	0	0	**40**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	4	0	4	1	1	0	0	0	0	**11**

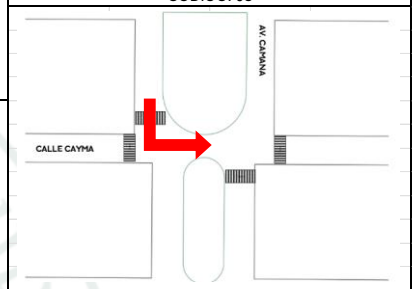
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "A" – código 3

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA ESTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**1**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	4	1	6	3	5	4	0	1	0	**29**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	9	3	9	7	8	7	1	1	0	**52**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	12	4	14	7	9	11	2	1	0	**68**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	11	4	14	8	11	11	4	4	0	**77**
	10	9:00 AM	10:00 AM	9	11	2	14	7	8	11	2	1	0	**65**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	6	3	7	5	6	7	3	1	0	**46**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	8	4	8	5	6	8	1	2	0	**48**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	8	2	8	4	8	8	1	1	0	**48**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	10	4	11	7	9	9	0	1	0	**59**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	11	2	13	7	8	12	4	3	0	**70**
	16	3:00 PM	4:00 PM	10	11	4	13	8	8	8	4	3	0	**69**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	9	2	11	8	7	8	4	1	0	**59**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	11	4	14	8	11	11	4	4	0	**77**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	11	2	14	8	10	9	3	2	0	**69**
	20	7:00 PM	8:00 PM	9	11	3	12	7	7	11	1	2	0	**63**
	21	8:00 PM	9:00 PM	5	7	1	10	4	6	5	2	1	0	**41**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	6	3	9	4	6	4	1	2	0	**41**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	4	0	4	1	2	2	0	0	0	**16**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

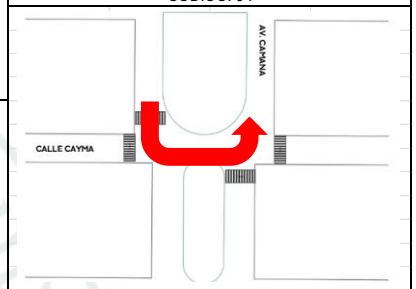
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "A" – código 4

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 04



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA NORTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	3	0	3	0	2	6	0	0	0	**15**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	7	0	6	3	4	9	0	0	0	**36**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	13	14	2	16	7	9	21	2	3	0	**87**
	8	7:00 AM	8:00 AM	18	20	3	21	12	13	30	2	2	0	**121**
	9	8:00 AM	9:00 AM	20	21	4	21	13	14	31	3	2	0	**129**
	10	9:00 AM	10:00 AM	15	21	1	21	15	13	31	3	1	0	**121**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	12	3	14	10	9	22	1	2	0	**84**
	12	11:00 AM	12:00 PM	10	13	2	15	10	8	20	3	1	0	**82**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	16	13	2	20	13	10	25	3	1	0	**103**
	14	1:00 PM	2:00 PM	17	18	3	20	12	13	31	2	1	0	**117**
	15	2:00 PM	3:00 PM	14	19	2	19	12	10	28	2	2	0	**108**
	16	3:00 PM	4:00 PM	15	19	1	19	12	11	29	2	1	0	**109**
	17	4:00 PM	5:00 PM	12	17	1	16	11	12	23	2	4	0	**98**
	18	5:00 PM	6:00 PM	20	21	4	23	13	14	30	3	2	0	**130**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	19	21	2	22	14	12	30	2	2	0	**124**
	20	7:00 PM	8:00 PM	17	20	3	21	12	12	28	2	1	0	**116**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	16	3	19	9	12	21	4	0	0	**95**
	22	9:00 PM	10:00 PM	11	14	3	14	8	5	17	1	2	0	**75**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	5	0	6	2	4	6	0	0	0	**27**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	2	0	2	1	0	0	0	0	0	**6**

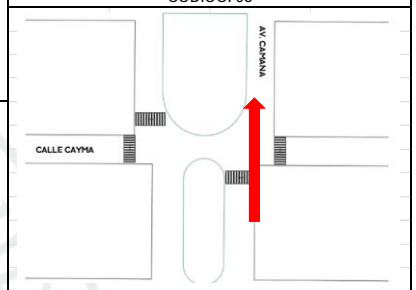
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "B" – código 5

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 05



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA NORTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	4	0	2	0	2	4	0	0	0	**14**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	11	0	5	3	4	7	0	0	0	**38**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	20	29	2	20	7	10	18	2	2	0	**110**
	8	7:00 AM	8:00 AM	23	37	2	24	11	15	24	1	1	0	**138**
	9	8:00 AM	9:00 AM	24	38	2	25	12	10	21	1	2	0	**135**
	10	9:00 AM	10:00 AM	24	38	2	25	9	13	24	0	3	0	**138**
	11	10:00 AM	11:00 AM	15	28	3	19	5	9	16	3	2	0	**100**
	12	11:00 AM	12:00 PM	13	23	0	15	4	7	15	2	0	0	**79**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	19	29	2	20	10	8	17	2	2	0	**109**
	14	1:00 PM	2:00 PM	21	36	1	23	11	15	23	2	3	0	**135**
	15	2:00 PM	3:00 PM	23	35	2	25	9	11	21	2	3	0	**131**
	16	3:00 PM	4:00 PM	18	33	1	23	10	11	22	0	0	0	**118**
	17	4:00 PM	5:00 PM	14	27	4	20	10	10	19	2	2	0	**108**
	18	5:00 PM	6:00 PM	24	37	2	24	12	10	21	1	2	0	**133**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	25	36	1	24	9	13	25	2	1	0	**136**
	20	7:00 PM	8:00 PM	24	36	2	24	10	14	24	2	1	0	**137**
	21	8:00 PM	9:00 PM	19	27	3	18	8	9	16	2	2	0	**104**
	22	9:00 PM	10:00 PM	14	22	1	15	6	6	12	0	4	0	**80**
	23	10:00 PM	11:00 PM	7	13	0	10	2	4	7	0	0	0	**43**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**7**

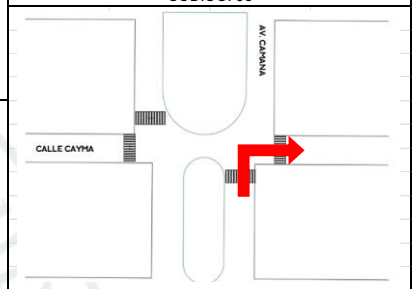
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "B" – código 6

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 06



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 12/11/2025

DESDE SUR
HACIA ESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	10	0	9	2	5	5	1	1	0	**40**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	18	1	13	6	9	6	1	3	0	**67**
	8	7:00 AM	8:00 AM	15	26	2	21	8	11	11	2	3	0	**99**
	9	8:00 AM	9:00 AM	14	24	4	20	6	9	11	4	2	0	**94**
	10	9:00 AM	10:00 AM	14	23	4	19	6	10	11	4	1	0	**92**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	19	4	14	5	9	9	1	2	0	**74**
	12	11:00 AM	12:00 PM	8	16	3	12	4	5	5	1	2	0	**56**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	18	2	16	5	8	8	1	0	0	**69**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	24	4	17	6	11	9	3	2	0	**88**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	21	4	16	6	8	10	4	4	0	**86**
	16	3:00 PM	4:00 PM	15	24	2	19	8	10	10	3	4	0	**95**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	20	2	18	9	9	10	1	3	0	**82**
	18	5:00 PM	6:00 PM	14	24	4	19	6	9	11	4	2	0	**93**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	14	26	1	20	8	11	10	4	4	0	**98**
	20	7:00 PM	8:00 PM	15	24	4	19	5	10	13	3	3	0	**96**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	19	2	15	5	6	9	1	2	0	**70**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	16	1	13	4	5	7	1	3	0	**59**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	5	0	5	1	2	2	0	0	0	**19**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	**5**

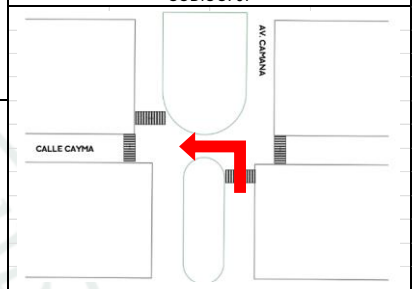
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "B" – código 7

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 07



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA OESTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	8	1	5	4	4	2	1	0	0	**29**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	14	3	9	7	6	5	1	2	0	**54**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	20	4	8	9	7	8	2	2	0	**71**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	18	2	8	7	7	7	1	2	0	**62**
	10	9:00 AM	10:00 AM	10	19	2	9	8	9	8	3	2	0	**70**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	14	2	7	6	4	5	4	2	0	**51**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	12	3	5	5	4	4	3	2	0	**44**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	14	2	7	5	5	4	2	2	0	**49**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	16	3	8	7	7	8	3	3	0	**67**
	15	2:00 PM	3:00 PM	9	16	4	8	8	7	7	4	3	0	**66**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	17	2	8	8	8	8	2	2	0	**66**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	15	1	8	5	6	5	1	0	0	**49**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	18	2	8	7	7	7	1	2	0	**62**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	20	3	9	8	8	8	3	4	0	**74**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	20	3	9	8	8	8	3	3	0	**73**
	21	8:00 PM	9:00 PM	6	13	3	6	5	5	4	3	1	0	**46**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	12	1	7	4	4	4	3	2	0	**41**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	5	0	2	1	1	0	0	0	0	**12**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

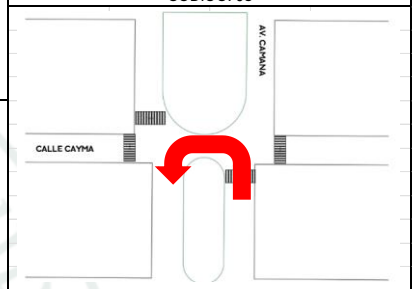
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "B" – código 8

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 08



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA SUR



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	2	1	0	3	2	2	0	0	0	0	**10**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	5	5	0	6	3	4	0	3	0	0	**26**
	8	7:00 AM	8:00 AM	7	5	2	12	6	8	3	3	2	0	**48**
	9	8:00 AM	9:00 AM	7	4	3	11	6	7	2	0	1	0	**41**
	10	9:00 AM	10:00 AM	6	5	1	11	7	8	2	2	2	0	**44**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	4	2	9	5	5	1	2	2	0	**37**
	12	11:00 AM	12:00 PM	4	4	2	7	4	5	1	1	4	0	**32**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	5	4	1	8	4	4	0	0	4	0	**30**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	4	3	11	4	8	2	1	3	0	**44**
	15	2:00 PM	3:00 PM	5	4	1	9	4	6	2	2	2	0	**35**
	16	3:00 PM	4:00 PM	6	4	2	9	4	6	3	3	1	0	**38**
	17	4:00 PM	5:00 PM	6	5	2	10	4	7	2	1	3	0	**40**
	18	5:00 PM	6:00 PM	7	4	4	10	6	7	3	0	1	0	**42**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	7	7	4	11	6	8	3	2	3	0	**51**
	20	7:00 PM	8:00 PM	6	4	3	11	4	7	4	0	1	0	**40**
	21	8:00 PM	9:00 PM	5	4	2	8	5	5	0	2	3	0	**34**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	4	1	6	4	4	0	3	1	0	**27**
	23	10:00 PM	11:00 PM	1	2	1	5	1	1	0	1	0	0	**12**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**

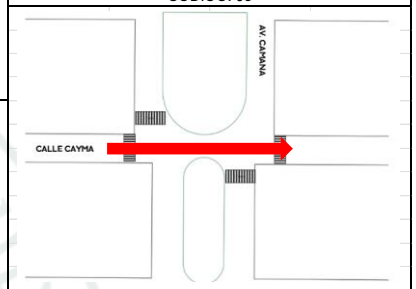
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso “C” – código 9

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 09



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
ESTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	8	0	4	2	3	2	0	0	0	**23**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	9	14	2	5	4	4	4	2	4	0	**48**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	19	4	7	5	4	7	2	3	0	**63**
	9	8:00 AM	9:00 AM	12	17	4	5	6	6	6	3	2	0	**61**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	19	2	5	5	4	4	4	4	0	**59**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	13	2	5	5	6	5	0	1	0	**45**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	12	1	4	4	4	4	2	2	0	**39**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	14	2	6	5	6	5	1	4	0	**50**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	17	2	4	5	6	6	2	2	0	**56**
	15	2:00 PM	3:00 PM	11	18	2	7	6	5	7	4	4	0	**64**
	16	3:00 PM	4:00 PM	12	16	3	4	5	4	4	4	3	0	**55**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	14	3	6	7	5	7	2	2	0	**56**
	18	5:00 PM	6:00 PM	12	17	4	5	6	6	6	3	2	0	**61**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	13	20	3	8	6	4	6	2	3	0	**65**
	20	7:00 PM	8:00 PM	12	18	3	5	5	6	5	2	3	0	**59**
	21	8:00 PM	9:00 PM	9	15	2	5	6	6	4	1	3	0	**51**
	22	9:00 PM	10:00 PM	8	10	3	4	4	4	4	3	0	0	**40**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	6	0	1	1	1	0	0	0	0	**15**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**

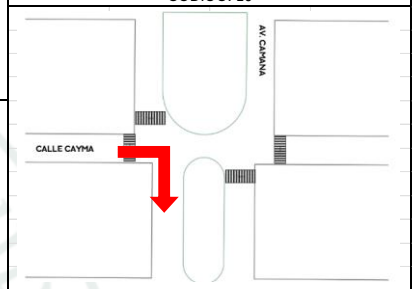
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "C" – código 10

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 10



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 12/11/2025

DESDE
OESTE
HACIA
SUR



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	4	0	3	0	3	0	0	0	0	**13**
	6	5:00 AM	6:00 AM	9	17	0	9	4	7	4	0	0	0	**50**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	16	29	1	16	8	10	6	1	3	0	**90**
	8	7:00 AM	8:00 AM	25	40	1	25	12	14	10	2	3	0	**132**
	9	8:00 AM	9:00 AM	22	36	4	26	12	18	8	1	1	0	**128**
	10	9:00 AM	10:00 AM	23	41	0	26	13	15	11	2	1	0	**132**
	11	10:00 AM	11:00 AM	20	30	2	20	10	9	7	3	3	0	**104**
	12	11:00 AM	12:00 PM	16	28	3	17	9	9	6	2	0	0	**90**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	18	29	3	19	7	8	7	3	1	0	**95**
	14	1:00 PM	2:00 PM	27	36	2	25	11	15	9	1	3	0	**129**
	15	2:00 PM	3:00 PM	25	35	3	23	9	11	10	1	2	0	**119**
	16	3:00 PM	4:00 PM	23	37	2	23	12	15	10	2	0	0	**124**
	17	4:00 PM	5:00 PM	19	31	2	19	11	12	10	2	3	0	**109**
	18	5:00 PM	6:00 PM	23	36	4	27	12	18	8	1	1	0	**130**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	26	41	0	27	14	13	11	3	1	0	**136**
	20	7:00 PM	8:00 PM	25	41	3	25	12	19	9	4	3	0	**141**
	21	8:00 PM	9:00 PM	18	28	1	19	8	11	6	2	2	0	**95**
	22	9:00 PM	10:00 PM	16	26	2	15	7	9	4	1	4	0	**84**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	12	0	8	3	5	2	0	0	0	**38**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	2	0	1	0	0	0	0	**8**

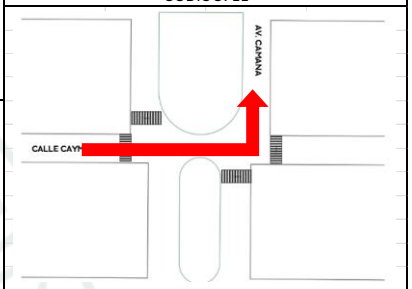
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso “C” – código 11

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 11



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	**4**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	9	0	6	1	4	5	0	0	0	**31**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	9	16	3	13	4	9	8	0	3	0	**65**
	8	7:00 AM	8:00 AM	13	22	2	15	5	11	10	4	3	0	**85**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	24	3	15	8	11	10	2	2	0	**86**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	24	4	15	6	10	10	3	1	0	**86**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	15	1	9	5	7	7	2	3	0	**58**
	12	11:00 AM	12:00 PM	8	15	2	9	4	6	5	3	1	0	**53**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	19	2	11	5	10	9	2	3	0	**72**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	24	3	14	6	8	10	3	3	0	**83**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	20	3	15	6	9	10	3	2	0	**81**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	22	4	13	7	9	10	1	4	0	**83**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	20	3	10	7	9	9	0	2	0	**70**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	24	3	15	8	11	10	2	2	0	**86**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	14	27	2	16	7	11	10	2	1	0	**90**
	20	7:00 PM	8:00 PM	12	21	2	12	6	9	10	2	2	0	**76**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	18	1	12	5	7	7	3	2	0	**66**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	15	2	6	5	6	5	2	0	0	**48**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	6	0	3	0	3	1	0	0	0	**16**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

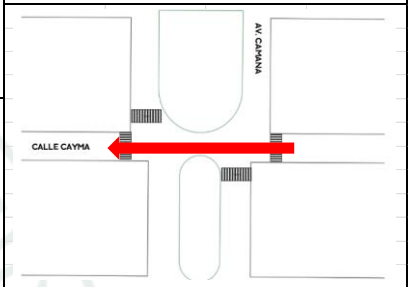
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "D" – código 12

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 12



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 12/11/2025

DESDE
ESTE
HACIA
OESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	**4**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	3	4	4	0	0	0	**23**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	10	3	7	7	7	8	3	3	0	**56**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	13	1	11	12	12	10	4	2	0	**77**
	9	8:00 AM	9:00 AM	8	13	2	12	9	13	8	3	3	0	**71**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	13	3	11	10	14	9	3	4	0	**79**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	8	4	7	8	8	8	2	2	0	**56**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	8	2	6	6	6	7	3	2	0	**46**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	9	2	9	8	7	8	3	2	0	**56**
	14	1:00 PM	2:00 PM	9	11	1	10	8	10	8	4	2	0	**63**
	15	2:00 PM	3:00 PM	9	13	3	10	10	11	9	4	4	0	**73**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	11	3	12	8	11	9	3	2	0	**68**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	9	1	10	8	8	7	2	1	0	**56**
	18	5:00 PM	6:00 PM	8	13	2	12	9	13	8	3	3	0	**71**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	16	2	11	10	12	9	3	3	0	**76**
	20	7:00 PM	8:00 PM	9	12	2	10	9	10	8	2	2	0	**64**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	11	2	7	8	8	5	2	3	0	**54**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	8	3	5	6	4	4	3	4	0	**43**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	3	3	4	2	0	0	0	**20**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

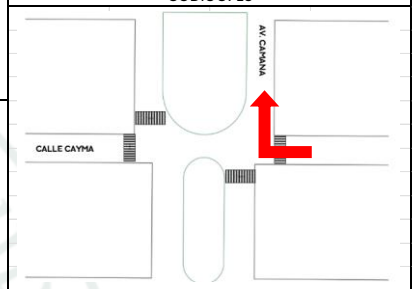
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "D" – código 13

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 13



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	0	4	1	0	0	0	**17**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	8	1	7	6	6	6	2	2	0	**46**
	8	7:00 AM	8:00 AM	9	12	2	8	7	8	5	3	1	0	**55**
	9	8:00 AM	9:00 AM	8	11	2	8	8	8	7	4	3	0	**59**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	9	3	9	6	8	5	4	2	0	**54**
	11	10:00 AM	11:00 AM	5	7	1	7	4	5	5	1	3	0	**38**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	7	0	6	6	6	5	2	3	0	**40**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	6	8	1	9	5	7	6	1	2	0	**45**
	14	1:00 PM	2:00 PM	7	9	2	8	6	8	6	3	4	0	**53**
	15	2:00 PM	3:00 PM	7	10	3	9	5	8	6	4	2	0	**54**
	16	3:00 PM	4:00 PM	8	12	4	8	6	8	8	3	2	0	**59**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	10	2	8	6	8	6	4	3	0	**55**
	18	5:00 PM	6:00 PM	8	11	2	8	8	8	7	4	3	0	**59**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	11	3	9	8	9	7	1	3	0	**59**
	20	7:00 PM	8:00 PM	8	11	2	8	5	8	6	2	4	0	**54**
	21	8:00 PM	9:00 PM	7	9	1	9	5	8	4	4	2	0	**49**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	5	2	6	4	6	4	1	1	0	**33**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	3	0	4	1	4	0	0	0	0	**15**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

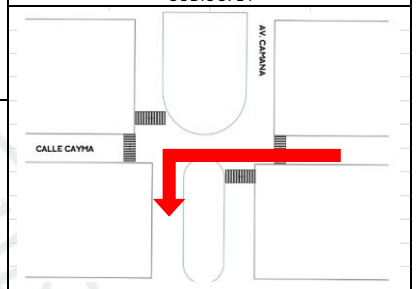
AFOROS VEHICULARES DÍA 12-11-2025

Acceso "D" – código 14

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 14



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE ESTE

HACIA NORTE



FECHA: 12/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	4	3	4	4	0	0	0	**24**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	11	3	7	9	7	6	1	3	0	**58**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	13	4	12	10	10	8	3	3	0	**77**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	13	1	11	10	11	8	0	2	0	**67**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	12	4	10	9	8	8	2	3	0	**68**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	9	2	8	7	7	5	2	3	0	**51**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	6	2	7	7	7	5	3	3	0	**47**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	7	2	7	8	7	6	2	4	0	**51**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	11	2	9	8	9	8	1	3	0	**62**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	12	3	12	9	9	8	2	3	0	**70**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	9	2	8	8	9	7	1	4	0	**59**
	17	4:00 PM	5:00 PM	7	10	2	7	9	9	5	1	1	0	**51**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	13	1	11	10	11	8	0	2	0	**67**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	12	11	2	9	9	9	7	1	4	0	**64**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	12	2	10	10	9	8	2	0	0	**64**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	6	2	7	6	5	4	1	1	0	**40**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	7	1	6	5	5	4	3	2	0	**40**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	4	4	4	0	0	0	0	**20**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

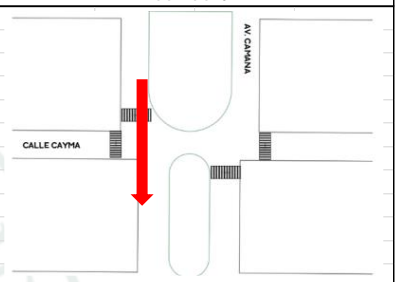
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "A" – código 1

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 01



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
NORTE
HACIA
SUR



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
				LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
PER	HORA	INICIO	FIN											
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	6	0	4	1	4	5	0	0	0	**23**
	6	5:00 AM	6:00 AM	11	16	0	15	5	9	12	1	1	0	**70**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	25	33	3	22	7	16	18	2	1	0	**127**
	8	7:00 AM	8:00 AM	29	51	4	38	14	27	24	3	3	0	**193**
	9	8:00 AM	9:00 AM	30	48	3	35	13	23	27	4	3	0	**186**
	10	9:00 AM	10:00 AM	28	47	3	30	13	26	25	1	1	0	**174**
	11	10:00 AM	11:00 AM	20	33	1	20	8	18	14	3	2	0	**119**
	12	11:00 AM	12:00 PM	24	36	0	20	12	17	17	3	1	0	**130**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	23	42	2	24	13	20	19	1	2	0	**146**
	14	1:00 PM	2:00 PM	32	49	2	29	16	23	24	2	3	0	**180**
	15	2:00 PM	3:00 PM	26	46	3	30	19	24	23	3	1	0	**175**
	16	3:00 PM	4:00 PM	30	50	2	30	13	23	25	0	2	0	**175**
	17	4:00 PM	5:00 PM	27	41	3	32	12	25	23	3	0	0	**166**
	18	5:00 PM	6:00 PM	31	50	3	38	12	23	29	4	3	0	**193**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	24	44	2	31	19	29	28	2	1	0	**180**
	20	7:00 PM	8:00 PM	28	48	1	33	14	23	25	1	1	0	**174**
	21	8:00 PM	9:00 PM	18	41	2	23	13	21	19	4	2	0	**143**
	22	9:00 PM	10:00 PM	15	32	1	20	7	15	15	3	2	0	**110**
	23	10:00 PM	11:00 PM	9	14	0	10	4	10	7	0	0	0	**54**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	3	0	3	0	0	0	0	**11**

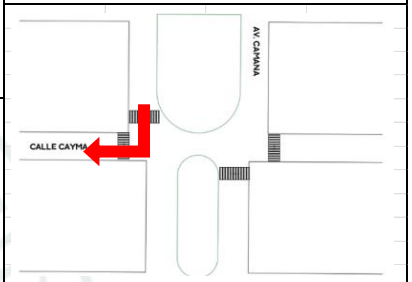
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "A" – código 2

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 02



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA OESTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	5	0	2	0	1	0	0	0	0	**9**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	11	0	10	1	4	4	0	0	0	**35**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	12	26	2	21	6	7	8	2	1	0	**85**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	38	3	25	5	13	10	2	1	0	**111**
	9	8:00 AM	9:00 AM	16	37	1	26	8	11	9	4	1	0	**113**
	10	9:00 AM	10:00 AM	16	35	4	30	8	8	11	4	2	0	**118**
	11	10:00 AM	11:00 AM	10	22	2	21	8	7	9	2	2	0	**83**
	12	11:00 AM	12:00 PM	10	18	4	13	5	5	7	2	2	0	**66**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	12	24	3	18	6	9	9	4	4	0	**89**
	14	1:00 PM	2:00 PM	14	32	3	25	7	9	11	2	2	0	**105**
	15	2:00 PM	3:00 PM	14	32	1	21	8	9	9	1	3	0	**98**
	16	3:00 PM	4:00 PM	16	30	2	23	8	10	10	3	2	0	**104**
	17	4:00 PM	5:00 PM	12	31	4	21	9	8	9	2	1	0	**97**
	18	5:00 PM	6:00 PM	16	36	1	25	8	11	9	4	1	0	**111**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	16	40	4	27	9	9	12	2	2	0	**121**
	20	7:00 PM	8:00 PM	14	35	3	23	7	9	11	1	3	0	**106**
	21	8:00 PM	9:00 PM	10	29	1	19	6	8	8	2	2	0	**85**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	22	0	14	5	7	5	1	2	0	**66**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	10	0	7	2	4	2	0	0	0	**29**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**5**

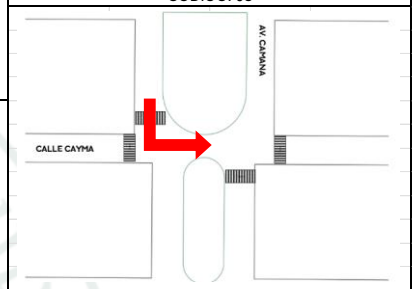
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "A" – código 3

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA ESTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	**3**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	5	0	8	3	4	6	0	0	0	**31**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	11	4	12	5	6	11	1	2	0	**62**
	8	7:00 AM	8:00 AM	13	17	3	19	8	11	15	4	2	0	**92**
	9	8:00 AM	9:00 AM	9	16	2	17	8	10	14	3	3	0	**82**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	17	3	17	8	8	15	3	3	0	**86**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	12	1	8	4	8	11	3	2	0	**57**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	11	2	12	4	7	11	2	2	0	**57**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	11	3	13	6	8	11	1	3	0	**64**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	14	3	16	7	10	13	2	3	0	**78**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	13	4	14	7	9	13	1	3	0	**74**
	16	3:00 PM	4:00 PM	10	14	0	18	7	9	14	3	2	0	**77**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	13	1	18	7	9	11	3	1	0	**74**
	18	5:00 PM	6:00 PM	9	16	2	17	8	10	14	3	3	0	**82**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	15	1	18	8	9	15	4	3	0	**84**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	14	4	15	6	9	12	0	1	0	**72**
	21	8:00 PM	9:00 PM	7	8	1	13	5	7	8	2	3	0	**54**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	8	2	10	4	6	8	2	1	0	**48**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	5	0	5	1	4	2	0	0	0	**20**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

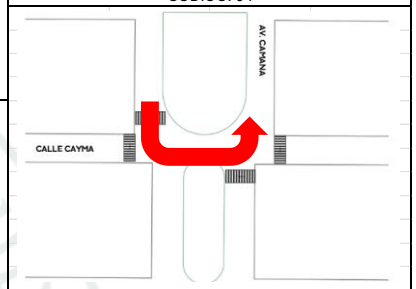
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "A" – código 4

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 04



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA NORTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	2	0	2	0	1	7	0	0	0	**14**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	7	0	7	4	4	8	0	0	0	**37**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	14	17	1	12	7	8	21	2	2	0	**84**
	8	7:00 AM	8:00 AM	20	19	2	21	13	12	31	3	3	0	**124**
	9	8:00 AM	9:00 AM	17	20	2	21	14	12	30	3	0	0	**119**
	10	9:00 AM	10:00 AM	17	19	2	18	14	11	31	3	1	0	**116**
	11	10:00 AM	11:00 AM	14	15	2	13	11	10	23	1	0	0	**89**
	12	11:00 AM	12:00 PM	12	14	3	14	7	9	23	1	2	0	**85**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	14	12	1	15	9	8	24	2	2	0	**87**
	14	1:00 PM	2:00 PM	17	17	1	17	15	13	29	1	2	0	**112**
	15	2:00 PM	3:00 PM	16	17	2	16	11	9	24	3	0	0	**98**
	16	3:00 PM	4:00 PM	16	18	1	19	12	10	30	3	3	0	**112**
	17	4:00 PM	5:00 PM	13	16	3	16	10	10	22	2	1	0	**93**
	18	5:00 PM	6:00 PM	17	21	2	20	14	12	29	3	0	0	**118**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	19	20	3	22	11	14	34	2	2	0	**127**
	20	7:00 PM	8:00 PM	17	19	4	21	14	12	29	3	2	0	**121**
	21	8:00 PM	9:00 PM	9	12	2	17	9	7	23	3	2	0	**84**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	12	3	16	7	6	20	4	1	0	**79**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	7	0	7	4	4	10	0	0	0	**38**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	**3**

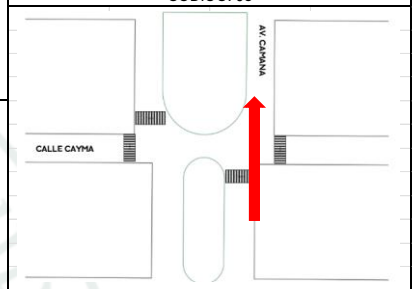
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "B" – código 5

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 05



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
SUR
HACIA
NORTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	6	0	4	0	3	4	0	0	0	**20**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	14	0	8	4	5	8	0	0	0	**46**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	18	27	2	17	4	11	14	2	4	0	**99**
	8	7:00 AM	8:00 AM	28	40	4	31	10	16	28	3	2	0	**162**
	9	8:00 AM	9:00 AM	28	42	2	29	9	16	27	1	0	0	**154**
	10	9:00 AM	10:00 AM	24	41	3	24	10	15	25	1	1	0	**144**
	11	10:00 AM	11:00 AM	20	33	1	23	7	9	19	3	2	0	**117**
	12	11:00 AM	12:00 PM	21	30	3	21	7	11	18	3	2	0	**116**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	18	29	3	22	6	10	21	3	2	0	**114**
	14	1:00 PM	2:00 PM	26	37	4	27	10	16	25	2	3	0	**150**
	15	2:00 PM	3:00 PM	25	39	4	28	10	13	25	0	2	0	**146**
	16	3:00 PM	4:00 PM	27	35	3	27	10	15	21	4	3	0	**145**
	17	4:00 PM	5:00 PM	21	31	1	25	8	10	20	2	1	0	**119**
	18	5:00 PM	6:00 PM	26	40	2	29	9	16	26	1	0	0	**149**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	25	42	3	27	11	18	27	2	1	0	**156**
	20	7:00 PM	8:00 PM	25	41	3	31	9	17	28	1	3	0	**158**
	21	8:00 PM	9:00 PM	19	33	3	24	6	14	18	0	3	0	**120**
	22	9:00 PM	10:00 PM	16	29	3	18	5	9	15	3	1	0	**99**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	12	0	9	2	6	6	0	0	0	**41**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	3	0	1	0	0	0	0	**9**

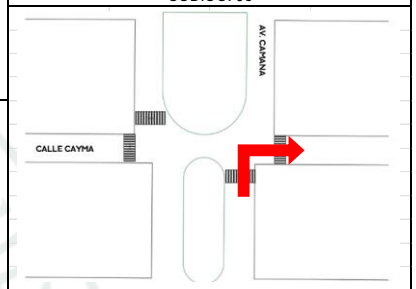
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "B" – código 6

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 06



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 13/11/2025

DESDE
SUR
HACIA
ESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	3	0	1	0	1	1	0	0	0	**7**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	13	0	10	2	6	6	0	0	0	**42**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	22	3	17	6	9	9	1	3	0	**81**
	8	7:00 AM	8:00 AM	15	30	1	25	8	12	13	3	1	0	**108**
	9	8:00 AM	9:00 AM	19	33	3	25	10	12	13	3	2	0	**120**
	10	9:00 AM	10:00 AM	17	32	3	25	8	12	14	2	3	0	**116**
	11	10:00 AM	11:00 AM	13	18	1	16	5	11	12	2	2	0	**80**
	12	11:00 AM	12:00 PM	10	17	3	16	6	8	9	3	4	0	**76**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	17	1	18	7	9	12	3	2	0	**80**
	14	1:00 PM	2:00 PM	18	31	2	21	9	11	13	0	2	0	**107**
	15	2:00 PM	3:00 PM	16	29	2	23	9	9	14	3	3	0	**108**
	16	3:00 PM	4:00 PM	18	27	3	24	9	13	13	0	2	0	**109**
	17	4:00 PM	5:00 PM	14	24	3	24	8	13	12	3	3	0	**104**
	18	5:00 PM	6:00 PM	19	32	3	23	10	12	13	3	2	0	**117**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	17	32	2	24	9	14	15	2	2	0	**117**
	20	7:00 PM	8:00 PM	18	31	2	20	10	12	13	3	1	0	**110**
	21	8:00 PM	9:00 PM	15	24	3	16	8	12	9	1	4	0	**92**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	21	3	14	6	4	8	2	0	0	**68**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	9	0	5	2	5	2	0	0	0	**28**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	2	0	3	0	1	0	0	0	0	**8**

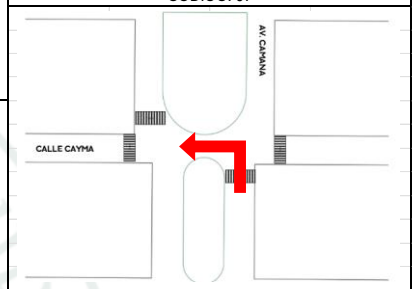
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "B" – código 7

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 07



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 13/11/2025

DESDE
SUR
HACIA
OESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	6	0	4	3	4	4	0	0	0	**25**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	13	0	7	5	8	5	2	3	0	**50**
	8	7:00 AM	8:00 AM	10	23	2	10	8	10	8	3	4	0	**78**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	21	3	9	8	10	8	4	2	0	**76**
	10	9:00 AM	10:00 AM	9	20	2	10	8	11	8	4	1	0	**73**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	15	3	7	9	7	6	3	2	0	**59**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	12	1	6	6	6	5	3	3	0	**49**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	16	2	9	9	8	8	2	4	0	**66**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	21	4	9	8	9	8	1	3	0	**74**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	20	2	10	9	8	8	2	3	0	**72**
	16	3:00 PM	4:00 PM	10	19	3	8	9	9	8	3	3	0	**72**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	16	2	8	8	8	7	1	3	0	**62**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	21	3	9	8	10	8	4	2	0	**76**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	23	3	11	10	9	9	4	2	0	**81**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	21	1	9	10	8	8	2	2	0	**72**
	21	8:00 PM	9:00 PM	7	17	3	9	9	8	7	2	2	0	**64**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	14	1	5	7	5	4	3	2	0	**47**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	8	0	3	4	3	2	0	0	0	**23**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

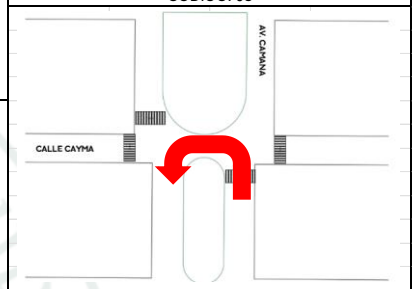
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "B" – código 8

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 08



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE: SUR

HACIA: SUR



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**1**
	6	5:00 AM	6:00 AM	3	4	0	5	2	4	0	0	0	0	**18**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	5	6	2	10	4	6	4	2	3	0	**42**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	8	3	16	7	9	3	2	2	0	**58**
	9	8:00 AM	9:00 AM	7	9	3	15	6	9	3	3	4	0	**59**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	7	4	14	6	7	3	3	2	0	**54**
	11	10:00 AM	11:00 AM	4	5	2	12	5	7	3	3	1	0	**42**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	5	0	9	5	8	3	2	3	0	**41**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	5	5	3	12	8	8	4	2	4	0	**51**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	8	4	13	6	7	3	0	3	0	**52**
	15	2:00 PM	3:00 PM	7	6	3	13	7	6	3	1	3	0	**49**
	16	3:00 PM	4:00 PM	7	8	3	13	6	9	3	1	4	0	**54**
	17	4:00 PM	5:00 PM	6	8	3	10	6	9	4	2	3	0	**51**
	18	5:00 PM	6:00 PM	7	9	4	15	6	9	3	3	4	0	**60**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	8	3	16	7	9	3	3	3	0	**60**
	20	7:00 PM	8:00 PM	7	8	1	14	7	10	3	2	4	0	**56**
	21	8:00 PM	9:00 PM	6	5	3	10	5	9	0	2	1	0	**41**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	4	2	8	4	6	0	1	1	0	**30**
	23	10:00 PM	11:00 PM	1	0	0	4	1	4	0	0	0	0	**10**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

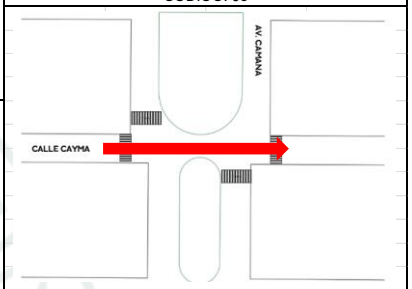
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "C" – código 9

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 09



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
ESTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	6	0	3	0	2	0	0	0	0	**15**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	6	15	2	5	4	5	5	3	4	0	**49**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	20	3	8	5	5	6	2	0	0	**61**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	18	4	6	5	7	6	4	4	0	**64**
	10	9:00 AM	10:00 AM	9	17	3	7	6	4	7	3	4	0	**60**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	10	2	5	6	4	4	1	1	0	**41**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	10	1	4	4	4	4	3	1	0	**36**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	9	12	3	6	6	6	5	2	0	0	**49**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	16	4	6	6	5	5	3	2	0	**57**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	16	2	6	4	7	7	2	3	0	**57**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	15	3	7	4	4	4	3	4	0	**53**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	13	2	7	7	5	7	1	4	0	**55**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	18	4	6	5	7	6	4	4	0	**64**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	12	19	4	7	7	5	7	4	4	0	**69**
	20	7:00 PM	8:00 PM	12	19	2	6	6	5	5	2	4	0	**61**
	21	8:00 PM	9:00 PM	7	14	4	5	5	5	4	2	4	0	**50**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	13	2	5	5	5	4	2	4	0	**47**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	4	0	3	1	1	0	0	0	0	**12**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**

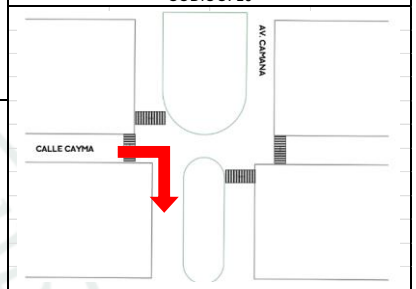
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "C" – código 10

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 10



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
SUR



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	5	0	3	0	3	1	0	0	0	**15**
	6	5:00 AM	6:00 AM	9	14	0	9	3	5	4	0	0	0	**44**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	19	23	2	20	7	12	7	2	1	0	**93**
	8	7:00 AM	8:00 AM	26	37	2	28	11	15	9	1	2	0	**131**
	9	8:00 AM	9:00 AM	26	38	2	28	13	11	9	1	3	0	**131**
	10	9:00 AM	10:00 AM	23	34	3	25	10	11	10	2	2	0	**120**
	11	10:00 AM	11:00 AM	16	24	4	17	6	10	6	1	3	0	**87**
	12	11:00 AM	12:00 PM	15	26	2	16	6	6	6	2	2	0	**81**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	17	26	3	16	10	10	7	3	2	0	**94**
	14	1:00 PM	2:00 PM	21	34	4	22	10	14	11	2	0	0	**118**
	15	2:00 PM	3:00 PM	23	38	4	23	11	11	8	1	1	0	**120**
	16	3:00 PM	4:00 PM	25	34	2	25	10	12	9	3	3	0	**123**
	17	4:00 PM	5:00 PM	23	29	1	21	12	10	8	0	1	0	**105**
	18	5:00 PM	6:00 PM	27	36	2	29	13	11	9	1	3	0	**131**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	28	38	2	23	11	15	9	2	2	0	**130**
	20	7:00 PM	8:00 PM	23	38	1	23	12	13	11	2	3	0	**126**
	21	8:00 PM	9:00 PM	18	28	2	17	11	9	6	1	2	0	**94**
	22	9:00 PM	10:00 PM	15	24	2	14	7	7	5	1	0	0	**75**
	23	10:00 PM	11:00 PM	9	14	0	6	4	5	2	0	0	0	**40**
	24	11:00 PM	12:00 AM	3	3	0	2	1	1	0	0	0	0	**10**

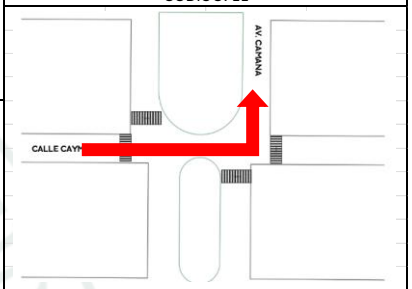
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso “C” – código 11

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 11



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	8	0	5	3	4	4	0	1	0	**29**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	9	15	3	10	6	7	6	1	2	0	**59**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	22	2	12	6	11	8	2	1	0	**75**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	21	4	13	8	9	9	2	2	0	**78**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	22	2	13	9	8	9	3	4	0	**83**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	15	1	11	5	8	4	3	2	0	**58**
	12	11:00 AM	12:00 PM	10	14	2	7	5	6	5	2	1	0	**52**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	9	17	2	12	5	7	9	2	3	0	**66**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	21	3	12	5	9	8	2	4	0	**76**
	15	2:00 PM	3:00 PM	11	22	2	12	8	8	8	1	2	0	**74**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	20	2	12	7	8	8	3	0	0	**69**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	16	2	11	5	8	6	2	1	0	**61**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	20	4	13	8	9	9	2	2	0	**77**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	12	23	3	13	7	9	8	2	3	0	**80**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	21	2	12	5	8	9	4	4	0	**76**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	15	3	9	6	8	6	1	3	0	**59**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	14	2	8	5	6	5	2	1	0	**50**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	6	0	4	3	3	2	0	0	0	**21**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**

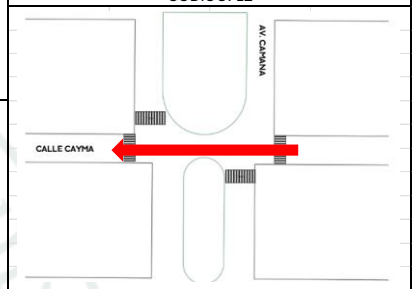
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "D" – código 12

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 12



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 13/11/2025

DESDE
ESTE
HACIA
OESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**1**
	6	5:00 AM	6:00 AM	3	4	0	4	1	4	3	0	0	0	**19**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	5	7	1	6	5	5	4	1	3	0	**37**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	9	2	9	5	10	7	4	4	0	**58**
	9	8:00 AM	9:00 AM	7	10	4	9	8	9	5	4	3	0	**59**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	11	2	9	8	8	5	3	3	0	**57**
	11	10:00 AM	11:00 AM	6	7	2	7	5	8	5	4	2	0	**46**
	12	11:00 AM	12:00 PM	4	6	2	6	4	7	5	2	2	0	**38**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	6	7	1	7	5	9	5	3	1	0	**44**
	14	1:00 PM	2:00 PM	7	8	2	8	7	8	6	4	3	0	**53**
	15	2:00 PM	3:00 PM	5	8	4	8	6	8	4	3	1	0	**47**
	16	3:00 PM	4:00 PM	8	8	3	8	6	9	5	4	3	0	**54**
	17	4:00 PM	5:00 PM	4	9	2	10	6	9	6	1	2	0	**49**
	18	5:00 PM	6:00 PM	7	10	4	9	8	9	5	4	3	0	**59**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	9	4	9	8	9	5	3	3	0	**58**
	20	7:00 PM	8:00 PM	8	9	4	9	6	9	5	4	4	0	**58**
	21	8:00 PM	9:00 PM	4	5	4	7	5	7	4	3	2	0	**41**
	22	9:00 PM	10:00 PM	5	8	4	6	5	7	4	1	3	0	**43**
	23	10:00 PM	11:00 PM	1	3	0	3	0	4	0	0	0	0	**11**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

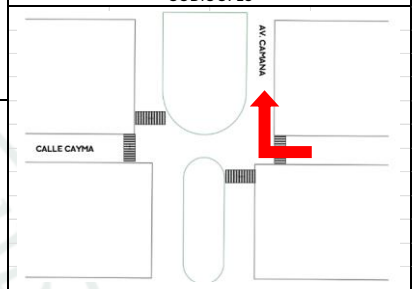
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "D" – código 13

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 13



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	1	0	2	0	0	0	0	**6**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	8	0	6	3	7	4	0	0	0	**35**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	17	2	14	8	14	7	4	0	0	**77**
	8	7:00 AM	8:00 AM	17	28	0	21	15	16	11	4	2	0	**114**
	9	8:00 AM	9:00 AM	14	27	1	20	15	15	12	2	1	0	**107**
	10	9:00 AM	10:00 AM	16	29	1	21	13	16	10	3	1	0	**110**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	20	2	11	7	9	7	3	1	0	**71**
	12	11:00 AM	12:00 PM	9	22	2	13	8	12	7	2	4	0	**79**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	21	2	14	9	12	9	3	2	0	**83**
	14	1:00 PM	2:00 PM	14	26	1	16	9	14	9	2	3	0	**94**
	15	2:00 PM	3:00 PM	15	24	0	16	11	15	8	4	2	0	**95**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	25	1	17	12	16	9	4	2	0	**99**
	17	4:00 PM	5:00 PM	13	21	0	15	9	11	7	1	2	0	**79**
	18	5:00 PM	6:00 PM	14	28	1	20	15	15	12	2	1	0	**108**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	19	28	4	20	14	16	10	3	2	0	**116**
	20	7:00 PM	8:00 PM	14	23	3	21	12	15	8	3	1	0	**100**
	21	8:00 PM	9:00 PM	12	18	2	16	8	10	6	3	4	0	**79**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	15	2	14	5	11	4	1	1	0	**62**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	7	0	5	3	5	2	0	0	0	**25**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**

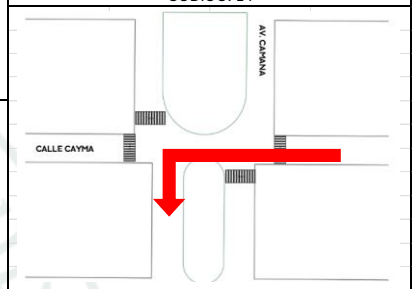
AFOROS VEHICULARES DÍA 13-11-2025

Acceso "D" – código 14

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 14



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE: ESTE
HACIA: NORTE



FECHA: 13/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	3	4	3	0	0	0	**22**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	8	1	8	5	8	5	2	2	0	**47**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	10	3	8	8	8	7	3	4	0	**62**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	11	3	10	9	10	6	4	3	0	**67**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	12	3	11	9	12	8	2	3	0	**73**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	8	4	9	8	8	6	1	2	0	**54**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	6	1	6	6	7	4	2	0	0	**39**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	8	1	9	9	8	5	2	3	0	**52**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	12	1	8	9	9	7	2	3	0	**62**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	12	3	10	9	10	8	3	3	0	**70**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	9	4	9	8	11	8	3	2	0	**65**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	9	0	9	10	10	5	2	2	0	**56**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	11	3	10	9	10	6	4	3	0	**67**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	12	4	8	11	9	8	2	2	0	**67**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	11	2	8	9	8	8	4	3	0	**63**
	21	8:00 PM	9:00 PM	5	7	2	5	7	6	4	3	1	0	**40**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	7	1	4	4	6	4	3	1	0	**37**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	3	0	2	3	3	0	0	0	0	**14**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

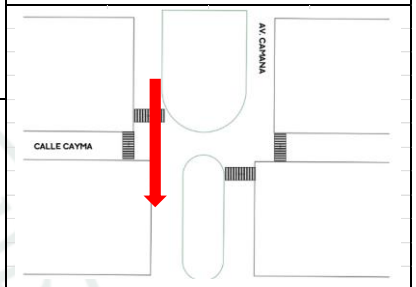
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "A" – código 1

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 01



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA SUR

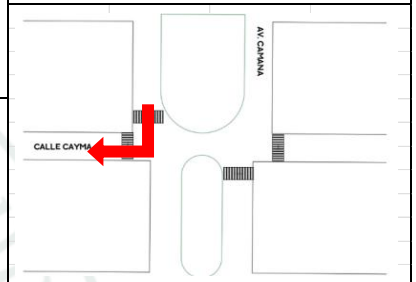


FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	**4**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	**6**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	**5**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	7	0	4	0	4	5	0	0	0	**23**
	6	5:00 AM	6:00 AM	11	19	0	13	5	12	12	0	0	0	**72**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	28	36	3	22	13	19	22	1	1	0	**145**
	8	7:00 AM	8:00 AM	31	48	0	30	16	30	31	1	4	0	**191**
	9	8:00 AM	9:00 AM	35	53	3	36	16	30	30	3	0	0	**206**
	10	9:00 AM	10:00 AM	30	52	3	33	22	26	29	1	2	0	**198**
	11	10:00 AM	11:00 AM	24	36	2	24	6	20	17	2	2	0	**133**
	12	11:00 AM	12:00 PM	21	37	2	22	13	13	16	4	1	0	**129**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	22	44	1	27	11	18	20	3	2	0	**148**
	14	1:00 PM	2:00 PM	31	48	2	27	22	24	26	0	2	0	**182**
	15	2:00 PM	3:00 PM	32	53	2	28	14	27	25	4	4	0	**189**
	16	3:00 PM	4:00 PM	32	51	2	36	13	23	31	3	0	0	**191**
	17	4:00 PM	5:00 PM	27	41	1	28	12	29	25	3	3	0	**169**
	18	5:00 PM	6:00 PM	34	54	3	37	15	29	30	3	0	0	**205**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	40	69	0	43	19	33	33	1	1	0	**239**
	20	7:00 PM	8:00 PM	35	51	2	36	16	28	29	3	2	0	**202**
	21	8:00 PM	9:00 PM	23	40	2	27	10	16	25	4	3	0	**150**
	22	9:00 PM	10:00 PM	22	35	2	25	10	17	19	2	4	0	**136**
	23	10:00 PM	11:00 PM	11	16	0	10	5	9	7	0	0	0	**58**
	24	11:00 PM	12:00 AM	3	5	0	4	2	3	0	0	0	0	**17**

AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "A" – código 2

Universidad Católica de Santa María	Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil	CODIGO: 02
FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS	DESDE: NORTE / HACIA: OESTE	
FECHA: 14/11/2025		

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**5**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	6	0	4	0	3	2	0	0	0	**18**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	19	0	13	4	5	5	0	0	0	**54**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	14	38	3	25	7	9	13	1	2	0	**112**
	8	7:00 AM	8:00 AM	20	47	2	40	11	16	16	2	3	0	**157**
	9	8:00 AM	9:00 AM	24	45	1	33	12	15	15	1	2	0	**148**
	10	9:00 AM	10:00 AM	21	54	3	33	9	15	18	0	3	0	**156**
	11	10:00 AM	11:00 AM	15	39	0	25	9	12	11	3	4	0	**118**
	12	11:00 AM	12:00 PM	16	36	1	25	10	14	12	1	0	0	**115**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	14	35	4	28	9	14	12	1	1	0	**118**
	14	1:00 PM	2:00 PM	21	50	2	36	11	15	14	4	2	0	**155**
	15	2:00 PM	3:00 PM	21	45	2	29	12	11	15	1	2	0	**138**
	16	3:00 PM	4:00 PM	21	48	3	29	16	16	14	2	3	0	**152**
	17	4:00 PM	5:00 PM	17	43	2	30	12	10	12	2	2	0	**130**
	18	5:00 PM	6:00 PM	23	53	1	35	12	15	15	1	2	0	**157**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	23	62	2	43	11	15	15	1	0	0	**172**
	20	7:00 PM	8:00 PM	23	45	2	32	14	14	13	1	3	0	**147**
	21	8:00 PM	9:00 PM	19	34	3	23	12	11	11	1	2	0	**116**
	22	9:00 PM	10:00 PM	15	33	1	20	9	8	9	2	0	0	**97**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	18	0	11	4	6	2	0	0	0	**49**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	4	0	3	1	1	0	0	0	0	**10**

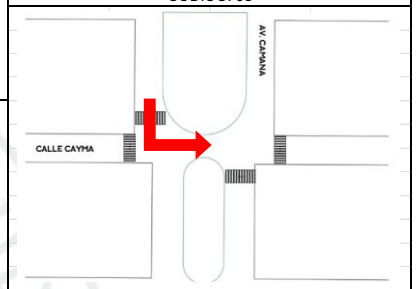
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "A" – código 3

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA ESTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	**4**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	6	1	4	4	0	0	0	**24**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	15	4	12	5	6	12	2	3	0	**66**
	8	7:00 AM	8:00 AM	10	12	3	16	7	11	14	2	1	0	**76**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	11	1	13	7	11	12	2	4	0	**71**
	10	9:00 AM	10:00 AM	10	13	2	15	8	10	12	0	4	0	**74**
	11	10:00 AM	11:00 AM	6	7	2	11	5	8	9	0	3	0	**51**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	8	2	9	4	5	8	3	3	0	**48**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	8	4	11	5	7	9	4	0	0	**55**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	11	2	14	8	8	12	2	2	0	**67**
	15	2:00 PM	3:00 PM	8	10	3	14	7	6	12	3	1	0	**64**
	16	3:00 PM	4:00 PM	8	12	2	13	7	9	12	2	3	0	**68**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	11	4	13	8	8	9	3	3	0	**67**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	14	1	13	7	11	12	2	4	0	**74**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	9	13	1	15	6	8	12	0	0	0	**64**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	13	2	16	8	11	14	1	4	0	**79**
	21	8:00 PM	9:00 PM	9	10	0	12	7	9	10	2	3	0	**62**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	9	1	9	4	7	8	1	2	0	**47**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	4	0	4	1	4	2	0	0	0	**18**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

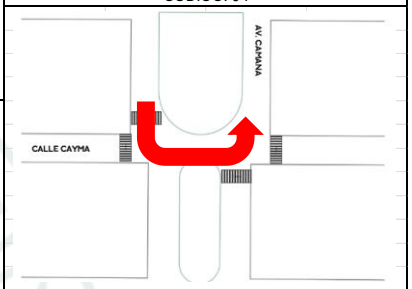
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "A" – código 4

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 04



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA NORTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	2	1	3	5	0	0	0	**13**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	7	0	6	5	5	10	0	0	0	**40**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	14	14	1	15	11	8	22	2	1	0	**88**
	8	7:00 AM	8:00 AM	19	17	0	21	16	12	34	3	3	0	**125**
	9	8:00 AM	9:00 AM	20	20	3	21	12	10	33	3	2	0	**124**
	10	9:00 AM	10:00 AM	17	21	2	21	13	13	33	3	2	0	**125**
	11	10:00 AM	11:00 AM	13	14	2	18	8	8	22	3	1	0	**89**
	12	11:00 AM	12:00 PM	10	12	0	17	7	9	21	2	4	0	**82**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	17	2	16	12	7	24	3	4	0	**96**
	14	1:00 PM	2:00 PM	18	20	0	23	15	12	34	3	2	0	**127**
	15	2:00 PM	3:00 PM	16	19	1	20	11	11	29	3	3	0	**113**
	16	3:00 PM	4:00 PM	15	19	3	20	14	11	31	3	2	0	**118**
	17	4:00 PM	5:00 PM	15	17	3	17	13	9	29	3	1	0	**107**
	18	5:00 PM	6:00 PM	20	22	3	23	12	10	33	3	2	0	**128**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	17	21	1	22	12	11	35	0	0	0	**119**
	20	7:00 PM	8:00 PM	18	17	3	21	11	11	32	3	2	0	**118**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	16	2	20	13	10	25	2	2	0	**101**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	11	2	13	9	6	21	2	4	0	**78**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	7	0	7	4	4	9	0	0	0	**36**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	**5**

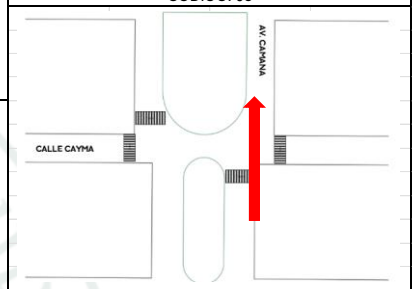
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "B" – código 5

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 05



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
SUR
HACIA
NORTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	**4**
	5	4:00 AM	5:00 AM	4	5	0	4	0	3	5	0	0	0	**21**
	6	5:00 AM	6:00 AM	10	16	0	12	3	6	11	0	0	0	**58**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	26	38	1	24	13	13	28	1	1	0	**145**
	8	7:00 AM	8:00 AM	33	45	3	41	13	19	35	1	3	0	**193**
	9	8:00 AM	9:00 AM	34	51	1	33	11	17	32	1	2	0	**182**
	10	9:00 AM	10:00 AM	33	54	3	36	16	21	33	2	3	0	**201**
	11	10:00 AM	11:00 AM	26	38	1	21	7	15	19	1	2	0	**130**
	12	11:00 AM	12:00 PM	20	35	2	24	12	10	22	2	2	0	**129**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	19	41	2	24	8	12	24	2	2	0	**134**
	14	1:00 PM	2:00 PM	30	44	1	31	17	20	29	2	3	0	**177**
	15	2:00 PM	3:00 PM	27	46	3	33	11	16	30	2	3	0	**171**
	16	3:00 PM	4:00 PM	33	50	4	33	11	22	29	3	3	0	**188**
	17	4:00 PM	5:00 PM	26	37	2	27	11	13	26	3	2	0	**147**
	18	5:00 PM	6:00 PM	35	47	1	32	11	17	33	1	2	0	**179**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	37	63	1	42	13	20	36	1	1	0	**214**
	20	7:00 PM	8:00 PM	29	47	3	35	14	17	26	0	1	0	**172**
	21	8:00 PM	9:00 PM	22	36	3	29	9	15	25	0	0	0	**139**
	22	9:00 PM	10:00 PM	20	34	2	24	10	11	19	0	1	0	**121**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	14	0	11	3	7	9	0	0	0	**52**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	4	0	4	1	1	0	0	0	0	**12**

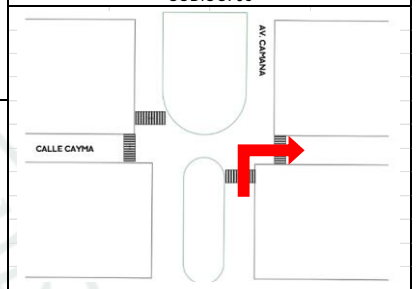
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "B" – código 6

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 06



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 14/11/2025

DESDE
SUR
HACIA
ESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	3	0	2	0	2	2	0	0	0	**10**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	15	0	10	4	4	5	0	0	0	**46**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	17	24	2	21	8	9	11	2	2	0	**96**
	8	7:00 AM	8:00 AM	23	33	4	26	9	11	17	2	4	0	**129**
	9	8:00 AM	9:00 AM	20	36	3	27	8	12	15	4	2	0	**127**
	10	9:00 AM	10:00 AM	20	35	3	27	11	15	16	2	3	0	**132**
	11	10:00 AM	11:00 AM	18	26	3	21	7	10	9	2	0	0	**96**
	12	11:00 AM	12:00 PM	13	23	1	18	5	9	9	3	0	0	**81**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	14	22	1	21	6	10	10	2	3	0	**89**
	14	1:00 PM	2:00 PM	21	32	3	25	6	12	13	2	3	0	**117**
	15	2:00 PM	3:00 PM	21	31	2	22	8	12	15	4	2	0	**117**
	16	3:00 PM	4:00 PM	18	28	2	26	9	8	15	2	3	0	**111**
	17	4:00 PM	5:00 PM	16	25	2	22	7	10	11	2	2	0	**97**
	18	5:00 PM	6:00 PM	20	33	3	25	8	12	15	4	2	0	**122**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	22	39	2	29	9	13	14	2	1	0	**131**
	20	7:00 PM	8:00 PM	20	33	2	25	11	13	14	3	2	0	**123**
	21	8:00 PM	9:00 PM	15	27	3	20	6	12	12	2	1	0	**98**
	22	9:00 PM	10:00 PM	12	18	4	14	4	9	9	3	3	0	**76**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	8	0	6	2	4	2	0	0	0	**27**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**4**

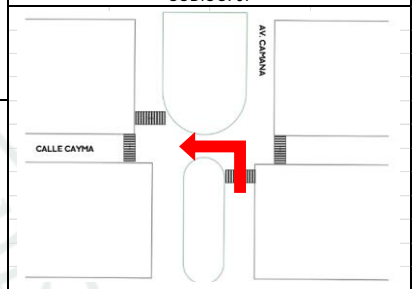
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "B" – código 7

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 07



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA OESTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	3	0	0	0	2	1	0	0	0	**8**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	9	0	5	4	4	4	0	0	0	**31**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	17	1	7	6	7	8	3	1	0	**60**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	19	3	11	11	8	10	3	2	0	**81**
	9	8:00 AM	9:00 AM	14	25	2	10	9	11	10	1	3	0	**85**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	24	2	10	9	9	10	3	2	0	**81**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	16	1	7	7	7	8	1	2	0	**60**
	12	11:00 AM	12:00 PM	9	16	2	7	6	6	6	3	4	0	**59**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	12	19	0	10	9	10	7	3	3	0	**73**
	14	1:00 PM	2:00 PM	14	25	3	8	10	11	11	3	1	0	**86**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	23	2	10	11	10	9	1	1	0	**80**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	24	2	10	10	10	9	2	2	0	**82**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	22	4	9	10	8	10	2	2	0	**78**
	18	5:00 PM	6:00 PM	14	26	2	10	9	11	10	1	3	0	**86**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	14	29	1	10	10	10	9	1	0	0	**84**
	20	7:00 PM	8:00 PM	14	23	4	8	9	11	9	1	3	0	**82**
	21	8:00 PM	9:00 PM	12	17	1	7	7	9	6	1	2	0	**62**
	22	9:00 PM	10:00 PM	12	18	2	5	6	6	4	4	1	0	**58**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	8	0	3	3	3	2	0	0	0	**24**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**

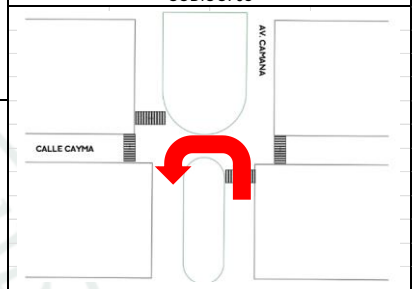
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "B" – código 8

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 08



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA SUR



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	**4**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	4	0	8	3	6	2	0	0	0	**29**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	6	3	16	8	12	5	2	3	0	**66**
	8	7:00 AM	8:00 AM	13	10	3	23	10	14	5	1	3	0	**82**
	9	8:00 AM	9:00 AM	13	11	2	21	9	12	4	2	3	0	**77**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	10	2	21	10	13	4	3	3	0	**78**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	8	3	17	7	7	4	2	3	0	**58**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	8	2	14	8	7	4	1	3	0	**54**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	7	8	3	16	7	11	4	2	2	0	**60**
	14	1:00 PM	2:00 PM	9	10	3	19	8	10	2	2	3	0	**66**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	10	3	21	9	13	1	3	3	0	**73**
	16	3:00 PM	4:00 PM	10	10	1	21	10	13	3	1	2	0	**71**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	10	2	17	9	12	3	2	3	0	**69**
	18	5:00 PM	6:00 PM	13	11	2	23	9	12	4	2	3	0	**79**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	10	1	24	9	12	2	0	1	0	**70**
	20	7:00 PM	8:00 PM	12	11	4	23	9	13	5	3	2	0	**82**
	21	8:00 PM	9:00 PM	9	7	3	16	6	9	3	2	0	0	**55**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	6	3	14	5	9	1	2	1	0	**51**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	8	4	5	0	0	0	0	**25**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	**4**

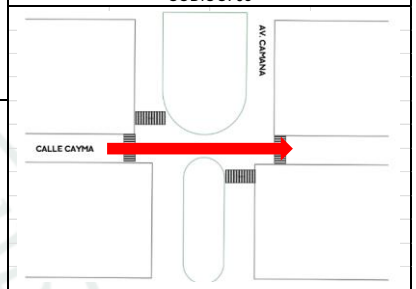
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "C" – código 9

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 09



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 14/11/2025

DESDE
OESTE
HACIA
ESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	10	0	4	1	1	1	0	0	0	**21**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	9	19	4	7	5	4	4	3	1	0	**56**
	8	7:00 AM	8:00 AM	17	27	3	8	7	6	7	3	3	0	**81**
	9	8:00 AM	9:00 AM	17	27	3	9	4	7	8	4	2	0	**81**
	10	9:00 AM	10:00 AM	16	28	3	9	7	7	6	3	4	0	**83**
	11	10:00 AM	11:00 AM	12	20	1	8	5	5	4	2	3	0	**60**
	12	11:00 AM	12:00 PM	12	16	1	6	4	4	4	3	1	0	**51**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	14	19	1	7	6	7	6	3	3	0	**66**
	14	1:00 PM	2:00 PM	17	25	3	9	5	6	5	4	2	0	**76**
	15	2:00 PM	3:00 PM	17	25	4	8	5	6	6	3	3	0	**77**
	16	3:00 PM	4:00 PM	14	26	4	8	7	7	7	3	3	0	**79**
	17	4:00 PM	5:00 PM	14	21	4	9	6	7	5	1	1	0	**68**
	18	5:00 PM	6:00 PM	17	25	3	9	4	7	8	4	2	0	**79**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	18	30	1	8	5	5	5	2	2	0	**76**
	20	7:00 PM	8:00 PM	17	28	1	10	7	7	8	3	4	0	**85**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	17	1	4	4	4	4	0	3	0	**48**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	15	3	6	4	4	4	4	2	0	**52**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	8	0	3	2	2	0	0	0	0	**21**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

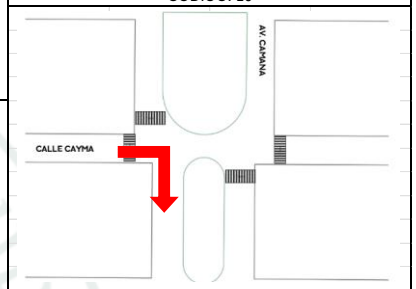
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "C" – código 10

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 10



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 14/11/2025

DESDE
OESTE
HACIA
SUR



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	6	0	4	1	3	0	0	0	0	**16**
	6	5:00 AM	6:00 AM	9	13	0	10	4	5	3	0	0	0	**44**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	19	34	4	21	10	13	7	2	1	0	**111**
	8	7:00 AM	8:00 AM	28	46	2	28	16	15	9	1	3	0	**148**
	9	8:00 AM	9:00 AM	28	42	1	25	12	17	8	3	2	0	**138**
	10	9:00 AM	10:00 AM	26	45	2	29	12	16	10	2	1	0	**143**
	11	10:00 AM	11:00 AM	17	30	3	20	7	13	8	3	0	0	**101**
	12	11:00 AM	12:00 PM	16	25	0	17	7	11	6	2	2	0	**86**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	20	30	1	22	11	11	8	3	3	0	**109**
	14	1:00 PM	2:00 PM	26	39	2	25	9	18	9	1	2	0	**131**
	15	2:00 PM	3:00 PM	23	40	3	25	13	17	11	2	0	0	**134**
	16	3:00 PM	4:00 PM	27	43	3	26	12	17	9	2	1	0	**140**
	17	4:00 PM	5:00 PM	25	33	2	21	10	11	9	2	2	0	**115**
	18	5:00 PM	6:00 PM	25	42	1	27	12	17	8	3	2	0	**137**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	33	54	1	34	13	17	8	1	1	0	**162**
	20	7:00 PM	8:00 PM	27	44	2	29	13	21	11	1	4	0	**152**
	21	8:00 PM	9:00 PM	21	35	1	23	13	17	7	1	1	0	**119**
	22	9:00 PM	10:00 PM	16	28	1	19	9	12	4	2	2	0	**93**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	14	0	9	5	6	2	0	0	0	**44**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	3	0	1	0	0	0	0	**9**

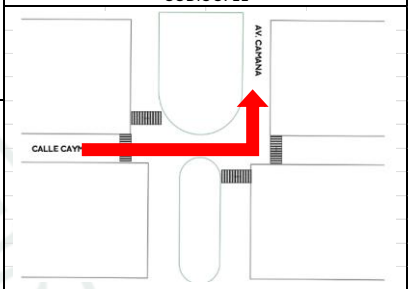
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso “C” – código 11

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 11



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	3	0	2	0	3	0	0	0	0	**9**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	11	0	5	2	4	4	0	0	0	**31**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	16	1	9	7	6	9	3	1	0	**62**
	8	7:00 AM	8:00 AM	15	24	1	16	6	11	10	4	3	0	**90**
	9	8:00 AM	9:00 AM	13	24	4	17	8	9	10	3	2	0	**90**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	27	3	17	6	11	10	1	1	0	**89**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	18	4	11	5	5	8	1	3	0	**66**
	12	11:00 AM	12:00 PM	9	18	4	14	5	4	5	2	2	0	**63**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	18	4	12	4	8	9	2	2	0	**70**
	14	1:00 PM	2:00 PM	13	26	4	16	7	9	10	3	3	0	**91**
	15	2:00 PM	3:00 PM	15	26	4	15	4	9	11	3	2	0	**89**
	16	3:00 PM	4:00 PM	14	24	4	16	5	9	10	2	4	0	**88**
	17	4:00 PM	5:00 PM	13	23	1	12	7	9	9	1	3	0	**78**
	18	5:00 PM	6:00 PM	13	26	4	17	8	9	10	3	2	0	**92**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	14	30	1	17	6	9	9	1	0	0	**87**
	20	7:00 PM	8:00 PM	13	26	3	17	7	9	11	3	3	0	**92**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	21	2	16	6	8	6	3	4	0	**77**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	19	2	11	5	6	5	1	3	0	**61**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	7	0	5	1	4	2	0	0	0	**23**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**5**

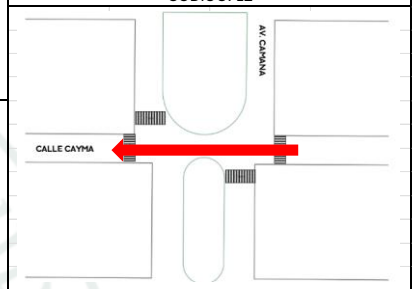
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "D" – código 12

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 12



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
OESTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	4	4	4	0	0	0	**24**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	10	1	7	8	11	8	4	2	0	**61**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	14	1	9	9	14	9	4	4	0	**76**
	9	8:00 AM	9:00 AM	9	14	2	10	11	13	10	4	3	0	**76**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	14	1	11	11	14	10	4	2	0	**79**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	10	1	9	8	7	9	3	2	0	**57**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	11	3	7	6	7	6	2	2	0	**51**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	9	13	3	8	9	7	7	2	3	0	**61**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	12	2	10	11	11	9	4	4	0	**73**
	15	2:00 PM	3:00 PM	8	13	3	10	9	10	7	3	3	0	**66**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	13	4	12	9	11	8	3	2	0	**71**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	9	1	9	8	9	9	1	3	0	**58**
	18	5:00 PM	6:00 PM	9	14	2	10	11	13	10	4	3	0	**76**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	9	13	1	10	9	11	7	2	1	0	**63**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	13	3	10	10	11	8	3	1	0	**69**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	11	1	8	7	10	7	2	2	0	**56**
	22	9:00 PM	10:00 PM	5	9	2	7	5	5	4	3	1	0	**41**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	4	0	5	3	3	2	0	0	0	**20**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

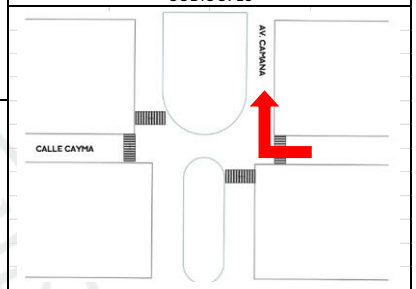
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "D" – código 13

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 13



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	4	0	3	0	3	1	0	0	0	**12**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	13	0	10	6	7	4	0	0	0	**46**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	17	2	16	8	14	6	4	3	0	**81**
	8	7:00 AM	8:00 AM	18	32	1	20	12	20	10	1	2	0	**116**
	9	8:00 AM	9:00 AM	17	29	2	21	13	20	9	4	1	0	**116**
	10	9:00 AM	10:00 AM	18	29	3	24	14	19	10	3	0	0	**120**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	19	3	15	7	15	7	1	2	0	**78**
	12	11:00 AM	12:00 PM	11	20	3	17	11	13	7	3	1	0	**86**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	22	2	14	9	13	7	1	3	0	**82**
	14	1:00 PM	2:00 PM	16	25	1	21	10	17	9	2	2	0	**103**
	15	2:00 PM	3:00 PM	17	24	3	21	13	18	10	2	1	0	**109**
	16	3:00 PM	4:00 PM	17	27	2	20	10	19	9	2	2	0	**108**
	17	4:00 PM	5:00 PM	15	21	2	15	11	15	6	3	1	0	**89**
	18	5:00 PM	6:00 PM	17	31	2	22	13	19	9	4	1	0	**118**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	18	34	1	24	12	19	8	1	1	0	**118**
	20	7:00 PM	8:00 PM	19	29	3	20	14	18	9	2	2	0	**116**
	21	8:00 PM	9:00 PM	10	21	2	17	7	13	6	3	2	0	**81**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	17	1	13	7	10	4	2	3	0	**67**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	8	0	5	4	5	2	0	0	0	**28**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	**4**

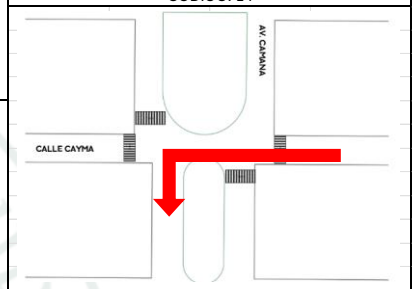
AFOROS VEHICULARES DÍA 14-11-2025

Acceso "D" – código 14

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 14



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE ESTE

HACIA NORTE



FECHA: 14/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	3	4	4	0	0	0	**23**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	11	3	8	9	11	8	2	3	0	**65**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	13	2	10	10	10	7	3	2	0	**71**
	9	8:00 AM	9:00 AM	15	14	2	11	9	13	9	3	3	0	**79**
	10	9:00 AM	10:00 AM	15	12	2	11	9	10	8	3	2	0	**72**
	11	10:00 AM	11:00 AM	10	10	3	7	7	7	5	1	1	0	**51**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	10	1	7	6	7	5	2	2	0	**47**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	9	10	1	8	8	8	6	2	1	0	**53**
	14	1:00 PM	2:00 PM	13	14	2	10	8	11	8	4	3	0	**73**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	13	3	10	9	10	6	2	4	0	**70**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	12	2	9	8	10	8	3	3	0	**66**
	17	4:00 PM	5:00 PM	12	12	2	8	8	9	9	0	2	0	**62**
	18	5:00 PM	6:00 PM	15	14	2	11	9	13	9	3	3	0	**79**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	12	12	1	9	8	9	6	1	1	0	**59**
	20	7:00 PM	8:00 PM	14	12	3	12	10	9	9	3	2	0	**74**
	21	8:00 PM	9:00 PM	9	11	3	9	7	6	5	2	3	0	**55**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	10	1	9	7	5	4	1	0	0	**47**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	5	0	3	4	3	2	0	0	0	**22**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**

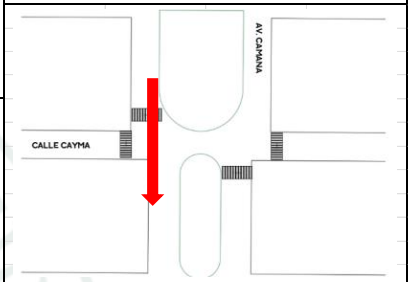
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "A" – código 1

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 01



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
NORTE
HACIA
SUR



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	**4**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0	**5**
	5	4:00 AM	5:00 AM	4	7	0	4	2	5	4	0	0	0	**26**
	6	5:00 AM	6:00 AM	11	17	0	9	6	8	9	0	0	0	**60**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	18	30	2	19	10	18	17	2	4	0	**120**
	8	7:00 AM	8:00 AM	32	48	2	35	13	28	25	1	2	0	**186**
	9	8:00 AM	9:00 AM	29	55	3	27	18	27	29	1	3	0	**192**
	10	9:00 AM	10:00 AM	28	51	1	35	20	25	30	4	2	0	**196**
	11	10:00 AM	11:00 AM	20	33	3	22	11	18	17	0	3	0	**127**
	12	11:00 AM	12:00 PM	23	37	3	24	15	17	18	3	3	0	**143**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	25	39	2	23	11	17	18	3	2	0	**140**
	14	1:00 PM	2:00 PM	25	45	2	27	17	26	26	2	4	0	**174**
	15	2:00 PM	3:00 PM	30	48	2	30	19	20	24	2	3	0	**178**
	16	3:00 PM	4:00 PM	26	50	1	30	13	23	24	3	1	0	**171**
	17	4:00 PM	5:00 PM	23	44	1	27	11	23	22	2	2	0	**155**
	18	5:00 PM	6:00 PM	31	55	3	27	18	27	28	1	3	0	**193**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	31	52	4	30	17	26	27	3	3	0	**193**
	20	7:00 PM	8:00 PM	28	49	3	29	17	23	23	1	1	0	**174**
	21	8:00 PM	9:00 PM	22	38	2	24	14	19	17	1	1	0	**138**
	22	9:00 PM	10:00 PM	18	35	2	18	12	13	15	0	3	0	**116**
	23	10:00 PM	11:00 PM	9	14	0	9	6	5	5	0	0	0	**48**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**7**

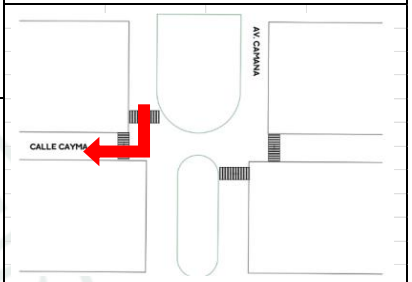
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "A" – código 2

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 02



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
NORTE
HACIA
OESTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	**4**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	5	0	2	0	1	2	0	0	0	**12**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	15	0	11	4	7	6	0	0	0	**49**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	14	34	2	25	10	11	10	1	0	0	**107**
	8	7:00 AM	8:00 AM	21	50	3	36	11	14	16	1	2	0	**154**
	9	8:00 AM	9:00 AM	23	44	2	32	8	15	19	2	3	0	**148**
	10	9:00 AM	10:00 AM	18	50	1	30	13	16	17	2	2	0	**149**
	11	10:00 AM	11:00 AM	15	34	1	23	11	14	12	1	3	0	**114**
	12	11:00 AM	12:00 PM	12	28	3	20	7	9	12	3	1	0	**95**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	17	30	3	23	7	12	13	2	3	0	**110**
	14	1:00 PM	2:00 PM	19	47	3	33	11	16	15	3	3	0	**150**
	15	2:00 PM	3:00 PM	15	41	3	30	8	13	15	3	2	0	**130**
	16	3:00 PM	4:00 PM	20	47	0	32	11	15	17	3	2	0	**147**
	17	4:00 PM	5:00 PM	16	43	1	28	8	11	16	4	2	0	**129**
	18	5:00 PM	6:00 PM	22	48	2	33	8	15	19	2	3	0	**152**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	22	47	4	30	12	11	17	2	2	0	**147**
	20	7:00 PM	8:00 PM	20	49	2	30	11	14	14	2	3	0	**145**
	21	8:00 PM	9:00 PM	15	39	0	22	8	9	11	2	0	0	**106**
	22	9:00 PM	10:00 PM	12	29	0	15	9	7	9	3	4	0	**88**
	23	10:00 PM	11:00 PM	7	16	0	9	4	4	4	0	0	0	**44**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	4	0	3	0	0	0	0	0	0	**9**

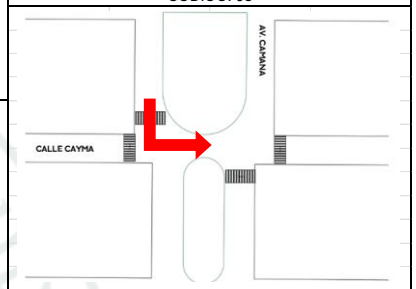
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "A" – código 3

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA ESTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	2	0	2	3	0	0	0	**8**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	7	0	7	2	4	4	0	0	0	**28**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	9	10	1	13	6	5	10	1	2	0	**57**
	8	7:00 AM	8:00 AM	13	13	3	15	9	12	13	1	2	0	**81**
	9	8:00 AM	9:00 AM	11	15	3	16	9	9	15	2	3	0	**83**
	10	9:00 AM	10:00 AM	10	13	3	14	6	9	12	3	1	0	**71**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	11	1	11	4	6	11	3	3	0	**58**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	10	2	9	4	7	10	2	1	0	**51**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	10	12	2	11	5	9	12	2	2	0	**65**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	12	2	15	7	9	12	4	3	0	**72**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	13	3	14	7	8	13	1	3	0	**72**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	14	1	15	7	9	13	0	2	0	**72**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	11	3	13	8	9	12	1	4	0	**69**
	18	5:00 PM	6:00 PM	11	15	3	16	9	9	15	2	3	0	**83**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	15	1	16	7	10	14	1	2	0	**76**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	13	2	14	7	8	14	2	3	0	**74**
	21	8:00 PM	9:00 PM	9	12	2	14	6	9	9	1	1	0	**63**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	9	2	10	4	5	8	1	3	0	**49**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	4	0	5	1	2	2	0	0	0	**17**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**

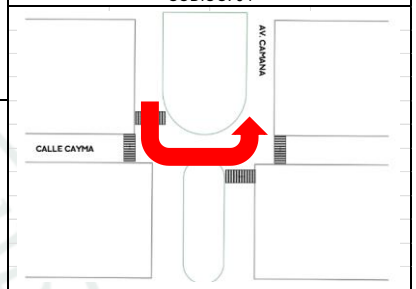
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "A" – código 4

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 04



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA NORTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	2	0	1	4	0	0	0	**10**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	5	0	5	4	4	9	0	0	0	**32**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	14	14	2	13	10	11	20	2	1	0	**87**
	8	7:00 AM	8:00 AM	19	20	4	22	12	12	28	2	3	0	**122**
	9	8:00 AM	9:00 AM	18	20	4	19	11	12	29	3	2	0	**118**
	10	9:00 AM	10:00 AM	17	23	1	21	13	12	31	1	3	0	**122**
	11	10:00 AM	11:00 AM	12	15	3	14	9	10	17	1	4	0	**85**
	12	11:00 AM	12:00 PM	12	15	2	16	9	10	18	3	1	0	**86**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	12	18	1	14	9	8	22	2	2	0	**88**
	14	1:00 PM	2:00 PM	17	19	2	19	10	11	26	3	2	0	**109**
	15	2:00 PM	3:00 PM	15	19	1	18	10	12	24	1	4	0	**104**
	16	3:00 PM	4:00 PM	17	20	3	21	10	10	26	3	1	0	**111**
	17	4:00 PM	5:00 PM	15	15	4	17	9	10	19	2	2	0	**93**
	18	5:00 PM	6:00 PM	17	21	4	20	11	12	27	3	2	0	**117**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	17	22	1	20	14	12	29	0	2	0	**117**
	20	7:00 PM	8:00 PM	15	17	2	21	10	11	26	1	2	0	**105**
	21	8:00 PM	9:00 PM	15	15	2	14	9	7	20	2	1	0	**85**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	11	3	11	9	6	16	0	3	0	**69**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	6	0	6	5	5	7	0	0	0	**35**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**

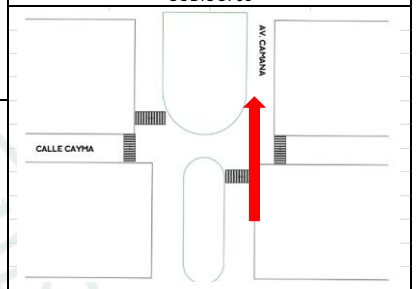
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "B" – código 5

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 05



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
SUR
HACIA
NORTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	5	0	3	0	3	4	0	0	0	**18**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	15	0	10	4	7	9	0	0	0	**53**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	21	35	2	21	10	13	20	3	1	0	**126**
	8	7:00 AM	8:00 AM	31	53	1	33	12	24	32	1	1	0	**188**
	9	8:00 AM	9:00 AM	29	45	1	34	12	20	26	1	3	0	**171**
	10	9:00 AM	10:00 AM	31	52	1	31	15	20	33	3	2	0	**188**
	11	10:00 AM	11:00 AM	23	34	3	21	6	14	20	3	3	0	**127**
	12	11:00 AM	12:00 PM	20	32	3	23	7	13	20	2	3	0	**123**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	22	39	1	23	9	16	24	4	3	0	**141**
	14	1:00 PM	2:00 PM	26	45	2	31	9	18	27	2	4	0	**164**
	15	2:00 PM	3:00 PM	29	46	2	32	12	18	30	0	1	0	**170**
	16	3:00 PM	4:00 PM	30	43	3	30	12	19	27	2	2	0	**168**
	17	4:00 PM	5:00 PM	27	34	2	28	10	13	21	4	1	0	**140**
	18	5:00 PM	6:00 PM	30	47	1	34	12	18	24	1	3	0	**170**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	29	50	2	31	13	21	29	1	1	0	**177**
	20	7:00 PM	8:00 PM	29	45	2	36	14	22	28	3	0	0	**179**
	21	8:00 PM	9:00 PM	23	35	2	23	11	18	20	1	2	0	**135**
	22	9:00 PM	10:00 PM	18	28	4	23	9	14	14	4	3	0	**117**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	13	0	10	4	7	6	0	0	0	**48**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	4	0	3	0	1	0	0	0	0	**10**

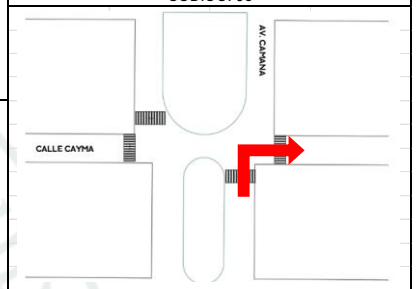
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "B" – código 6

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 06



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 15/11/2025

DESDE
SUR
HACIA
ESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	3	0	2	0	2	3	0	0	0	**12**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	8	0	7	2	4	6	0	0	0	**34**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	12	20	2	15	8	6	11	2	2	0	**78**
	8	7:00 AM	8:00 AM	20	29	2	21	10	13	16	3	1	0	**115**
	9	8:00 AM	9:00 AM	20	30	1	25	12	12	15	4	1	0	**120**
	10	9:00 AM	10:00 AM	22	30	3	24	12	13	15	3	4	0	**126**
	11	10:00 AM	11:00 AM	15	22	2	16	6	12	11	2	3	0	**89**
	12	11:00 AM	12:00 PM	13	22	1	15	7	8	10	2	2	0	**80**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	13	24	4	22	8	9	11	2	0	0	**93**
	14	1:00 PM	2:00 PM	17	28	2	20	9	14	14	2	2	0	**108**
	15	2:00 PM	3:00 PM	18	31	4	23	11	11	12	3	3	0	**116**
	16	3:00 PM	4:00 PM	19	28	2	22	11	12	13	3	3	0	**113**
	17	4:00 PM	5:00 PM	14	25	2	19	9	10	12	3	2	0	**96**
	18	5:00 PM	6:00 PM	21	29	1	25	12	12	15	4	1	0	**120**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	22	33	2	25	11	14	15	4	1	0	**127**
	20	7:00 PM	8:00 PM	20	30	4	22	12	13	16	3	4	0	**124**
	21	8:00 PM	9:00 PM	16	21	4	18	7	11	9	3	1	0	**90**
	22	9:00 PM	10:00 PM	13	20	1	17	6	8	9	3	2	0	**79**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	9	0	6	5	4	3	0	0	0	**33**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	**6**

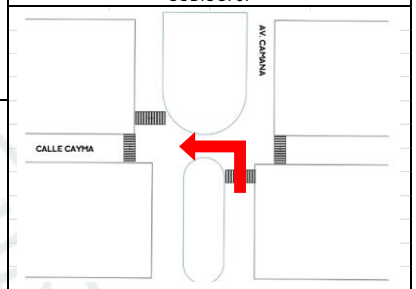
AFOROS VEHICULARES DÍA 1511-2025

Acceso "B" – código 7

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 07



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE: SUR

HACIA: OESTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	**4**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	7	0	4	4	4	4	0	0	0	**28**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	14	3	7	6	6	8	2	3	0	**60**
	8	7:00 AM	8:00 AM	16	26	4	9	11	11	12	3	2	0	**94**
	9	8:00 AM	9:00 AM	16	25	3	11	10	11	11	1	2	0	**90**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	25	2	11	12	10	10	2	1	0	**86**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	18	3	8	7	9	8	2	3	0	**69**
	12	11:00 AM	12:00 PM	11	16	2	6	6	8	6	1	2	0	**58**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	13	19	2	9	9	9	9	2	2	0	**74**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	22	1	12	11	12	8	2	3	0	**83**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	22	3	10	9	10	9	3	3	0	**82**
	16	3:00 PM	4:00 PM	14	24	3	9	10	11	9	2	2	0	**84**
	17	4:00 PM	5:00 PM	14	18	0	9	12	11	8	3	2	0	**77**
	18	5:00 PM	6:00 PM	16	26	3	11	10	11	11	1	2	0	**91**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	15	27	3	12	13	12	11	3	3	0	**99**
	20	7:00 PM	8:00 PM	14	24	3	12	11	12	10	4	2	0	**92**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	19	2	6	10	6	6	1	1	0	**59**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	14	2	7	7	7	4	2	2	0	**54**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	7	0	3	4	4	2	0	0	0	**24**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

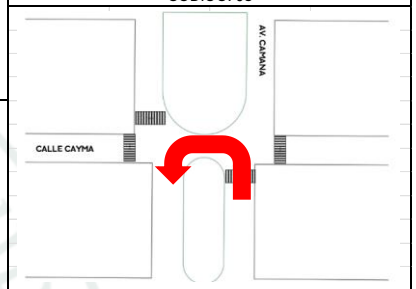
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "B" – código 8

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 08



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE: SUR

HACIA: SUR



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	**5**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	6	3	5	0	0	0	0	**23**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	8	3	12	7	11	4	3	2	0	**61**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	12	3	19	10	13	5	1	2	0	**77**
	9	8:00 AM	9:00 AM	12	12	2	20	10	12	3	2	2	0	**75**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	10	3	20	9	12	3	3	1	0	**73**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	9	2	14	7	8	4	0	3	0	**54**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	9	4	13	7	7	4	0	0	0	**51**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	9	2	15	9	9	2	3	2	0	**59**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	11	3	18	8	10	3	2	3	0	**69**
	15	2:00 PM	3:00 PM	11	11	4	18	10	11	4	2	4	0	**75**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	9	4	17	8	11	2	2	1	0	**63**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	10	2	16	10	11	3	3	2	0	**65**
	18	5:00 PM	6:00 PM	12	12	2	21	10	12	4	2	2	0	**77**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	13	10	4	20	12	13	5	1	3	0	**81**
	20	7:00 PM	8:00 PM	12	10	2	18	9	13	3	1	4	0	**72**
	21	8:00 PM	9:00 PM	9	7	4	14	7	10	4	2	3	0	**60**
	22	9:00 PM	10:00 PM	8	5	1	13	8	10	4	1	2	0	**52**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	2	0	5	2	4	0	0	0	0	**17**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

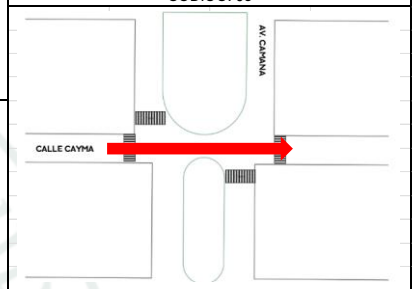
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "C" – código 9

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 09



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
ESTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**
	6	5:00 AM	6:00 AM	5	8	0	4	1	3	1	0	0	0	**22**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	12	17	2	7	5	5	4	2	3	0	**57**
	8	7:00 AM	8:00 AM	17	27	2	9	8	7	7	3	3	0	**83**
	9	8:00 AM	9:00 AM	17	28	2	9	6	5	8	3	4	0	**82**
	10	9:00 AM	10:00 AM	18	23	2	8	7	7	6	3	3	0	**77**
	11	10:00 AM	11:00 AM	12	19	2	6	4	5	6	2	2	0	**58**
	12	11:00 AM	12:00 PM	14	19	3	8	6	7	6	2	2	0	**67**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	14	18	2	6	5	5	7	1	1	0	**59**
	14	1:00 PM	2:00 PM	17	22	3	8	8	5	6	2	4	0	**75**
	15	2:00 PM	3:00 PM	16	23	3	9	6	6	7	3	4	0	**77**
	16	3:00 PM	4:00 PM	16	21	3	8	6	6	7	2	3	0	**72**
	17	4:00 PM	5:00 PM	15	23	0	8	8	5	6	2	1	0	**68**
	18	5:00 PM	6:00 PM	17	28	2	9	6	5	8	3	4	0	**82**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	17	25	2	8	6	6	7	4	1	0	**76**
	20	7:00 PM	8:00 PM	17	24	3	8	6	6	6	4	4	0	**78**
	21	8:00 PM	9:00 PM	13	21	2	7	6	6	4	4	2	0	**65**
	22	9:00 PM	10:00 PM	12	16	4	4	4	4	4	2	3	0	**53**
	23	10:00 PM	11:00 PM	6	7	0	3	2	2	0	0	0	0	**20**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

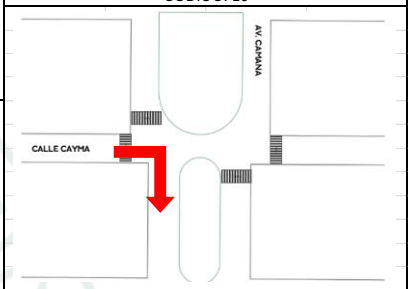
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso “C” – código 10

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 10



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE OESTE

HACIA SUR



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	3	4	0	3	0	3	0	0	0	0	**13**
	6	5:00 AM	6:00 AM	9	16	0	9	4	6	4	0	0	0	**48**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	19	30	0	22	10	13	8	2	1	0	**105**
	8	7:00 AM	8:00 AM	26	41	2	28	11	16	9	1	2	0	**136**
	9	8:00 AM	9:00 AM	26	39	1	30	11	17	8	3	2	0	**137**
	10	9:00 AM	10:00 AM	25	40	1	24	13	15	7	2	3	0	**130**
	11	10:00 AM	11:00 AM	19	27	2	17	8	9	6	2	1	0	**91**
	12	11:00 AM	12:00 PM	18	27	3	17	5	11	5	3	1	0	**90**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	20	25	0	19	7	12	8	2	1	0	**94**
	14	1:00 PM	2:00 PM	24	38	1	23	10	15	7	4	2	0	**124**
	15	2:00 PM	3:00 PM	24	35	3	24	12	15	10	2	1	0	**126**
	16	3:00 PM	4:00 PM	22	37	2	22	9	15	10	2	3	0	**122**
	17	4:00 PM	5:00 PM	20	30	3	26	9	12	7	2	2	0	**111**
	18	5:00 PM	6:00 PM	26	39	1	27	11	17	8	3	2	0	**134**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	25	40	4	28	14	15	10	2	3	0	**141**
	20	7:00 PM	8:00 PM	27	41	1	27	11	16	11	2	4	0	**140**
	21	8:00 PM	9:00 PM	19	30	3	19	9	10	4	2	3	0	**99**
	22	9:00 PM	10:00 PM	18	25	3	17	6	10	4	2	2	0	**87**
	23	10:00 PM	11:00 PM	9	12	0	9	5	5	1	0	0	0	**41**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	2	0	1	0	0	0	0	**8**

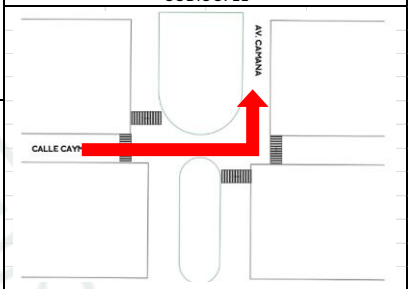
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso “C” – código 11

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 11



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	2	0	1	1	0	0	0	**6**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	9	0	6	1	4	4	0	0	0	**30**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	9	15	3	10	6	7	7	0	0	0	**57**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	22	3	15	7	11	11	3	1	0	**87**
	9	8:00 AM	9:00 AM	13	22	3	17	7	9	11	3	2	0	**87**
	10	9:00 AM	10:00 AM	13	27	3	16	8	10	11	2	2	0	**92**
	11	10:00 AM	11:00 AM	10	17	4	11	5	6	6	2	2	0	**63**
	12	11:00 AM	12:00 PM	11	16	3	10	4	6	6	2	2	0	**60**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	19	3	15	6	8	8	3	2	0	**75**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	23	1	17	6	8	9	4	1	0	**81**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	23	3	16	6	8	10	2	1	0	**82**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	26	2	15	7	10	10	3	1	0	**87**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	20	3	10	7	7	8	1	1	0	**68**
	18	5:00 PM	6:00 PM	13	21	3	17	7	9	11	3	2	0	**86**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	16	28	2	17	8	10	11	1	4	0	**97**
	20	7:00 PM	8:00 PM	13	26	3	17	8	11	11	4	2	0	**95**
	21	8:00 PM	9:00 PM	13	19	4	12	4	7	6	0	1	0	**66**
	22	9:00 PM	10:00 PM	10	16	1	12	4	7	4	2	1	0	**57**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	10	0	5	2	4	2	0	0	0	**28**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

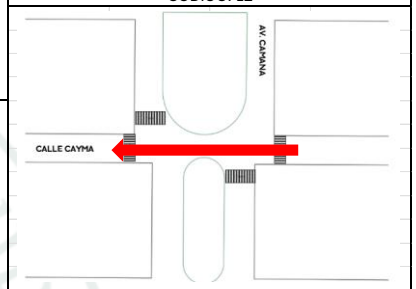
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso “D” – código 12

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 12



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 15/11/2025

DESDE
ESTE
HACIA
OESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	3	5	4	0	0	0	**24**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	11	2	7	7	7	8	2	3	0	**54**
	8	7:00 AM	8:00 AM	9	13	3	8	9	12	10	4	2	0	**70**
	9	8:00 AM	9:00 AM	12	14	4	9	9	13	10	3	3	0	**77**
	10	9:00 AM	10:00 AM	11	13	1	12	10	11	8	4	3	0	**73**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	11	2	6	7	9	6	4	3	0	**56**
	12	11:00 AM	12:00 PM	7	8	2	7	6	9	6	4	2	0	**51**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	11	2	9	8	10	8	4	3	0	**63**
	14	1:00 PM	2:00 PM	12	15	4	11	11	13	9	4	3	0	**82**
	15	2:00 PM	3:00 PM	10	13	3	12	10	12	8	4	4	0	**76**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	12	3	10	10	12	8	4	3	0	**73**
	17	4:00 PM	5:00 PM	8	12	2	9	9	12	9	3	2	0	**66**
	18	5:00 PM	6:00 PM	12	14	4	9	9	13	10	3	3	0	**77**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	9	15	2	11	9	13	9	4	2	0	**74**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	14	2	10	11	11	8	3	1	0	**71**
	21	8:00 PM	9:00 PM	6	8	2	7	8	9	5	2	2	0	**49**
	22	9:00 PM	10:00 PM	5	8	2	6	6	6	4	1	2	0	**40**
	23	10:00 PM	11:00 PM	2	4	0	3	3	3	2	0	0	0	**17**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

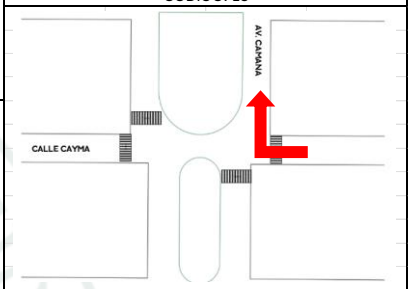
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "D" – código 13

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 13



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	1	0	3	0	0	0	0	**7**
	6	5:00 AM	6:00 AM	6	10	0	9	4	7	4	0	0	0	**40**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	13	21	2	17	10	13	6	1	2	0	**85**
	8	7:00 AM	8:00 AM	17	26	2	23	12	19	10	4	1	0	**114**
	9	8:00 AM	9:00 AM	18	26	2	21	13	17	9	4	1	0	**111**
	10	9:00 AM	10:00 AM	18	27	2	23	14	17	11	2	3	0	**117**
	11	10:00 AM	11:00 AM	12	18	1	13	8	12	8	3	1	0	**76**
	12	11:00 AM	12:00 PM	13	18	2	14	6	10	7	0	2	0	**72**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	14	17	3	16	9	13	9	1	1	0	**83**
	14	1:00 PM	2:00 PM	16	23	2	21	11	16	10	2	1	0	**102**
	15	2:00 PM	3:00 PM	17	27	1	19	11	15	10	1	1	0	**102**
	16	3:00 PM	4:00 PM	18	23	4	22	11	17	9	3	3	0	**110**
	17	4:00 PM	5:00 PM	14	17	0	18	10	13	8	2	2	0	**84**
	18	5:00 PM	6:00 PM	18	28	2	21	13	16	9	4	1	0	**112**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	19	28	1	22	14	19	9	3	2	0	**117**
	20	7:00 PM	8:00 PM	15	26	2	23	12	19	9	4	1	0	**111**
	21	8:00 PM	9:00 PM	13	21	0	18	7	15	6	1	2	0	**83**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	18	2	15	6	10	4	2	1	0	**67**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	8	0	6	2	4	2	0	0	0	**26**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	**6**

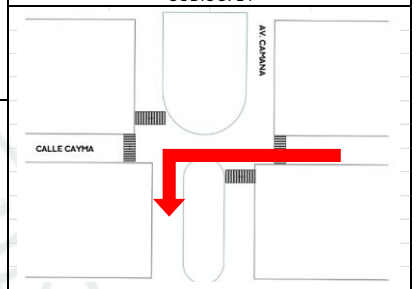
AFOROS VEHICULARES DÍA 15-11-2025

Acceso "D" – código 14

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 14



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



FECHA: 15/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**3**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	5	0	4	3	4	3	0	0	0	**23**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	10	2	8	6	6	7	1	0	0	**50**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	12	2	9	10	9	8	3	2	0	**67**
	9	8:00 AM	9:00 AM	14	14	3	9	10	11	9	4	4	0	**78**
	10	9:00 AM	10:00 AM	14	14	2	10	9	10	8	4	2	0	**73**
	11	10:00 AM	11:00 AM	10	10	3	7	7	8	6	2	1	0	**54**
	12	11:00 AM	12:00 PM	8	8	2	7	6	6	5	1	1	0	**44**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	10	10	1	9	8	10	6	3	4	0	**61**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	12	3	9	10	9	8	3	4	0	**69**
	15	2:00 PM	3:00 PM	11	12	3	9	9	9	6	2	4	0	**65**
	16	3:00 PM	4:00 PM	14	12	3	10	9	10	8	4	3	0	**73**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	10	1	8	8	9	8	4	2	0	**60**
	18	5:00 PM	6:00 PM	14	14	3	9	10	11	9	4	4	0	**78**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	14	13	3	11	9	10	8	3	2	0	**73**
	20	7:00 PM	8:00 PM	13	13	3	10	10	10	9	2	2	0	**72**
	21	8:00 PM	9:00 PM	12	11	0	11	8	7	4	1	2	0	**56**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	8	1	9	6	5	4	3	3	0	**48**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	5	0	4	3	2	1	0	0	0	**20**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

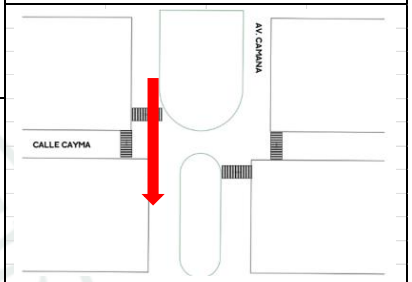
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "A" – código 1

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 01



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 16/11/2025

DESDE
NORTE
HACIA
SUR



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	**4**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	5	4:00 AM	5:00 AM	4	6	0	4	1	3	4	0	0	0	**22**
	6	5:00 AM	6:00 AM	14	21	0	11	4	10	11	0	0	0	**71**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	21	38	3	24	15	18	17	1	2	0	**139**
	8	7:00 AM	8:00 AM	33	52	3	33	19	27	23	2	4	0	**196**
	9	8:00 AM	9:00 AM	34	53	1	35	21	24	27	4	2	0	**201**
	10	9:00 AM	10:00 AM	32	56	2	26	15	28	28	3	2	0	**192**
	11	10:00 AM	11:00 AM	20	37	4	21	13	19	19	2	2	0	**137**
	12	11:00 AM	12:00 PM	16	36	3	21	11	16	17	4	2	0	**126**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	24	36	3	24	15	20	19	2	0	0	**143**
	14	1:00 PM	2:00 PM	25	45	2	30	15	24	25	2	2	0	**170**
	15	2:00 PM	3:00 PM	28	46	1	30	15	22	23	0	2	0	**167**
	16	3:00 PM	4:00 PM	26	50	0	30	19	21	23	1	1	0	**171**
	17	4:00 PM	5:00 PM	26	43	3	27	15	22	24	2	2	0	**164**
	18	5:00 PM	6:00 PM	33	51	1	35	21	25	28	4	2	0	**200**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	31	51	2	33	16	27	29	1	3	0	**193**
	20	7:00 PM	8:00 PM	28	57	3	32	20	22	28	3	2	0	**195**
	21	8:00 PM	9:00 PM	22	43	4	28	16	21	19	3	2	0	**158**
	22	9:00 PM	10:00 PM	19	35	1	19	12	18	15	2	1	0	**122**
	23	10:00 PM	11:00 PM	11	16	0	10	6	7	5	0	0	0	**55**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	3	0	2	0	0	0	0	**10**

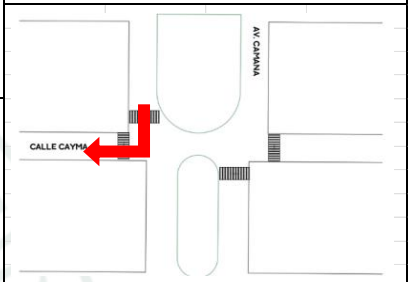
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "A" – código 2

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 02



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA OESTE



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**5**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	7	0	4	0	3	3	0	0	0	**19**
	6	5:00 AM	6:00 AM	9	19	0	14	4	7	7	0	0	0	**60**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	14	34	3	19	6	12	12	2	2	0	**104**
	8	7:00 AM	8:00 AM	20	48	2	34	11	16	16	2	1	0	**150**
	9	8:00 AM	9:00 AM	20	45	2	34	9	14	19	2	2	0	**147**
	10	9:00 AM	10:00 AM	19	51	3	34	9	15	14	0	1	0	**146**
	11	10:00 AM	11:00 AM	17	33	1	22	8	8	12	2	3	0	**106**
	12	11:00 AM	12:00 PM	16	30	2	23	7	14	14	4	2	0	**112**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	18	34	2	24	8	12	14	2	3	0	**117**
	14	1:00 PM	2:00 PM	21	43	3	31	9	14	15	2	2	0	**140**
	15	2:00 PM	3:00 PM	18	44	3	30	13	15	15	2	2	0	**142**
	16	3:00 PM	4:00 PM	20	44	2	29	12	16	13	1	0	0	**137**
	17	4:00 PM	5:00 PM	16	39	2	30	11	14	11	3	3	0	**129**
	18	5:00 PM	6:00 PM	20	48	2	35	9	14	19	2	2	0	**151**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	22	48	2	33	13	12	16	2	2	0	**150**
	20	7:00 PM	8:00 PM	21	47	2	36	11	14	18	3	1	0	**153**
	21	8:00 PM	9:00 PM	17	34	2	23	8	8	10	1	3	0	**106**
	22	9:00 PM	10:00 PM	14	29	2	20	8	8	9	3	2	0	**95**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	14	0	10	4	4	2	0	0	0	**39**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	**5**

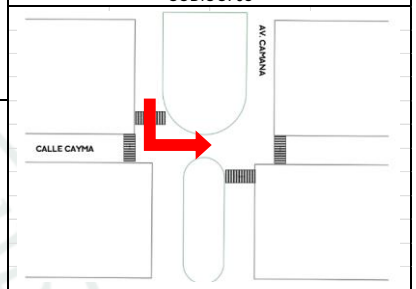
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "A" – código 3

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 03



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE
HACIA ESTE



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	2	0	1	1	0	0	0	**5**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	5	3	4	4	0	0	0	**24**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	10	1	13	8	8	9	2	2	0	**61**
	8	7:00 AM	8:00 AM	12	17	2	20	9	11	16	0	2	0	**89**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	15	4	15	8	10	13	2	2	0	**79**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	16	1	15	8	12	14	3	2	0	**79**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	7	2	12	4	6	8	4	2	0	**52**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	9	3	14	4	7	11	2	0	0	**56**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	11	1	10	7	8	11	1	2	0	**59**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	13	1	13	7	9	12	2	3	0	**70**
	15	2:00 PM	3:00 PM	9	12	4	16	7	9	12	2	1	0	**72**
	16	3:00 PM	4:00 PM	8	13	4	13	6	9	12	3	2	0	**70**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	14	4	15	7	11	10	0	1	0	**71**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	15	4	15	8	10	13	2	2	0	**79**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	10	17	2	18	9	8	15	3	1	0	**83**
	20	7:00 PM	8:00 PM	11	15	2	18	10	9	15	3	2	0	**85**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	9	2	15	7	9	8	1	4	0	**63**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	9	4	8	6	6	5	1	1	0	**46**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	5	0	6	4	4	3	0	0	0	**26**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

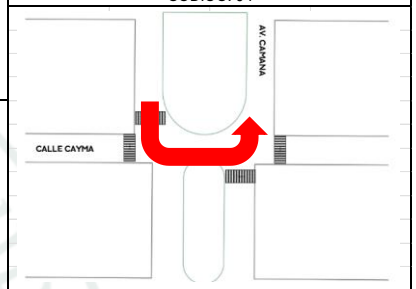
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "A" – código 4

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 04



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE NORTE

HACIA NORTE



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	4	0	0	5	0	0	0	**12**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	7	0	7	5	4	13	0	0	0	**44**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	16	15	4	13	10	9	28	0	3	0	**98**
	8	7:00 AM	8:00 AM	19	18	2	21	12	14	32	1	2	0	**121**
	9	8:00 AM	9:00 AM	18	23	0	21	14	13	32	2	1	0	**124**
	10	9:00 AM	10:00 AM	18	20	3	20	14	11	35	3	2	0	**126**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	15	2	16	7	10	23	2	1	0	**87**
	12	11:00 AM	12:00 PM	11	14	2	17	7	10	20	2	1	0	**84**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	12	13	0	15	8	8	22	4	3	0	**85**
	14	1:00 PM	2:00 PM	17	16	0	21	11	11	31	3	4	0	**114**
	15	2:00 PM	3:00 PM	14	18	2	19	12	10	28	2	3	0	**108**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	17	3	18	10	10	28	0	1	0	**100**
	17	4:00 PM	5:00 PM	17	17	2	15	11	10	23	2	1	0	**98**
	18	5:00 PM	6:00 PM	18	24	0	20	14	13	32	2	1	0	**124**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	20	23	1	23	16	11	34	2	2	0	**132**
	20	7:00 PM	8:00 PM	16	21	2	21	13	10	33	2	1	0	**119**
	21	8:00 PM	9:00 PM	14	16	2	17	9	8	24	3	2	0	**95**
	22	9:00 PM	10:00 PM	16	15	0	17	11	7	19	1	0	0	**86**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	7	0	7	5	3	8	0	0	0	**35**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

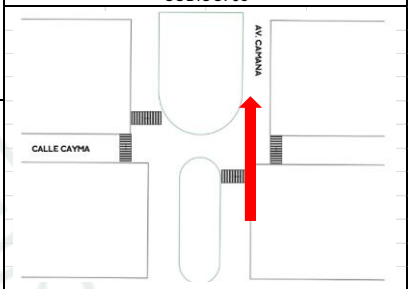
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "B" – código 5

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 05



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA NORTE



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	3	0	2	0	2	4	0	0	0	**12**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	14	0	7	1	4	6	0	0	0	**40**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	20	27	0	18	8	10	16	2	2	0	**103**
	8	7:00 AM	8:00 AM	25	36	1	22	9	14	26	3	2	0	**138**
	9	8:00 AM	9:00 AM	23	39	0	27	9	14	22	1	3	0	**138**
	10	9:00 AM	10:00 AM	22	39	1	24	11	14	23	2	1	0	**137**
	11	10:00 AM	11:00 AM	15	23	2	15	9	11	16	1	4	0	**96**
	12	11:00 AM	12:00 PM	16	25	1	15	7	6	16	2	1	0	**89**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	17	25	1	19	8	10	16	1	2	0	**99**
	14	1:00 PM	2:00 PM	20	34	3	23	8	12	23	2	1	0	**126**
	15	2:00 PM	3:00 PM	20	35	1	22	10	12	21	1	0	0	**122**
	16	3:00 PM	4:00 PM	20	31	4	22	12	10	21	1	1	0	**122**
	17	4:00 PM	5:00 PM	13	29	2	21	6	13	16	1	4	0	**105**
	18	5:00 PM	6:00 PM	22	39	0	27	9	14	21	1	3	0	**136**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	25	39	1	26	11	15	27	2	1	0	**147**
	20	7:00 PM	8:00 PM	23	36	2	25	10	14	23	2	3	0	**138**
	21	8:00 PM	9:00 PM	16	29	1	19	6	10	15	3	1	0	**100**
	22	9:00 PM	10:00 PM	14	25	2	17	5	6	13	4	2	0	**88**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	12	0	7	4	5	6	0	0	0	**42**
	24	11:00 PM	12:00 AM	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	**6**

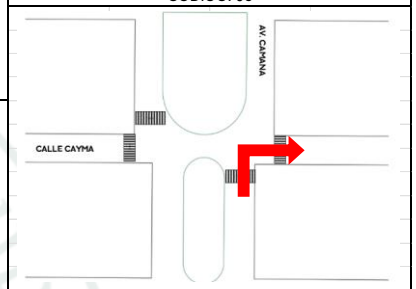
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "B" – código 6

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 06



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
SUR
HACIA
ESTE



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	2	3	0	1	0	1	2	0	0	0	**9**
	6	5:00 AM	6:00 AM	7	12	0	9	2	4	5	0	0	0	**39**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	13	22	2	18	6	10	9	3	0	0	**83**
	8	7:00 AM	8:00 AM	19	29	2	20	11	8	13	2	2	0	**106**
	9	8:00 AM	9:00 AM	17	29	4	23	8	11	12	3	3	0	**110**
	10	9:00 AM	10:00 AM	17	26	2	21	11	11	12	3	2	0	**105**
	11	10:00 AM	11:00 AM	11	17	2	13	6	8	7	3	2	0	**69**
	12	11:00 AM	12:00 PM	10	15	3	14	5	7	5	3	1	0	**63**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	10	17	3	13	7	7	10	2	2	0	**71**
	14	1:00 PM	2:00 PM	14	26	2	22	5	10	9	3	1	0	**92**
	15	2:00 PM	3:00 PM	15	24	3	18	8	10	12	3	1	0	**94**
	16	3:00 PM	4:00 PM	16	22	2	18	9	9	10	4	1	0	**91**
	17	4:00 PM	5:00 PM	16	24	2	22	8	11	8	4	1	0	**96**
	18	5:00 PM	6:00 PM	17	28	4	22	8	11	12	3	3	0	**108**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	16	32	4	23	9	12	11	3	2	0	**112**
	20	7:00 PM	8:00 PM	17	25	3	21	7	11	12	4	1	0	**101**
	21	8:00 PM	9:00 PM	14	22	2	14	5	9	8	1	2	0	**77**
	22	9:00 PM	10:00 PM	11	22	1	13	5	7	6	3	3	0	**71**
	23	10:00 PM	11:00 PM	5	8	0	6	1	4	2	0	0	0	**26**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	**5**

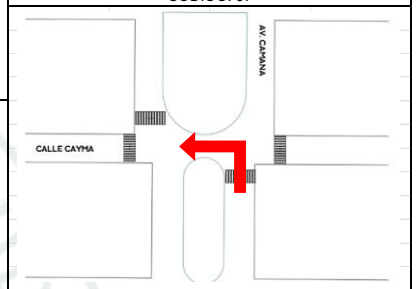
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "B" – código 7

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 07



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 16/11/2025

DESDE SUR

HACIA OESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	**3**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	7	0	1	2	3	4	0	0	0	**21**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	8	15	2	7	4	4	5	4	4	0	**53**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	21	3	8	7	7	8	4	3	0	**72**
	9	8:00 AM	9:00 AM	12	20	3	9	7	6	8	4	2	0	**71**
	10	9:00 AM	10:00 AM	11	20	2	7	8	7	8	4	4	0	**71**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	17	2	6	6	7	5	2	2	0	**55**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	13	1	4	5	5	4	3	2	0	**42**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	16	2	6	5	5	5	3	2	0	**52**
	14	1:00 PM	2:00 PM	10	19	4	6	6	5	8	3	2	0	**63**
	15	2:00 PM	3:00 PM	11	16	1	7	7	7	7	1	3	0	**60**
	16	3:00 PM	4:00 PM	11	19	3	7	7	8	8	4	1	0	**68**
	17	4:00 PM	5:00 PM	7	15	2	5	5	6	7	4	2	0	**53**
	18	5:00 PM	6:00 PM	12	20	3	9	7	6	8	4	2	0	**71**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	19	2	8	8	8	9	2	1	0	**68**
	20	7:00 PM	8:00 PM	12	19	1	8	6	7	8	4	4	0	**69**
	21	8:00 PM	9:00 PM	8	14	2	8	5	7	8	1	4	0	**57**
	22	9:00 PM	10:00 PM	7	11	0	5	4	5	5	2	2	0	**41**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	5	0	3	1	1	2	0	0	0	**15**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

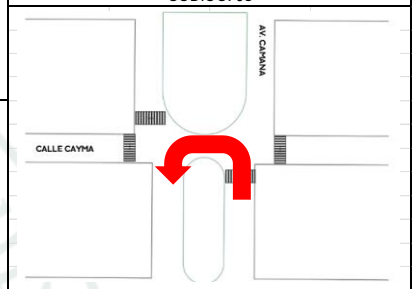
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "B" – código 8

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 08



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE SUR

HACIA SUR



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	**4**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	5	3	4	3	0	0	0	**23**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	8	0	12	7	7	4	1	3	0	**49**
	8	7:00 AM	8:00 AM	10	10	2	20	9	12	4	3	3	0	**73**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	13	4	20	11	12	7	3	4	0	**84**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	12	2	19	10	11	4	2	2	0	**74**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	9	2	16	9	11	4	2	0	0	**62**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	6	0	14	8	6	4	1	2	0	**47**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	9	2	13	8	10	4	3	1	0	**58**
	14	1:00 PM	2:00 PM	9	10	3	17	9	10	4	2	3	0	**67**
	15	2:00 PM	3:00 PM	11	10	3	18	10	12	4	3	3	0	**74**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	11	1	20	9	13	4	1	2	0	**70**
	17	4:00 PM	5:00 PM	11	10	3	18	8	11	4	2	4	0	**71**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	13	4	20	11	12	7	3	4	0	**84**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	11	11	3	19	11	10	4	1	3	0	**73**
	20	7:00 PM	8:00 PM	9	11	4	20	11	11	4	4	2	0	**76**
	21	8:00 PM	9:00 PM	10	10	1	16	9	8	0	2	2	0	**58**
	22	9:00 PM	10:00 PM	6	8	3	10	8	5	0	2	3	0	**45**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	4	0	6	3	3	0	0	0	0	**19**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**

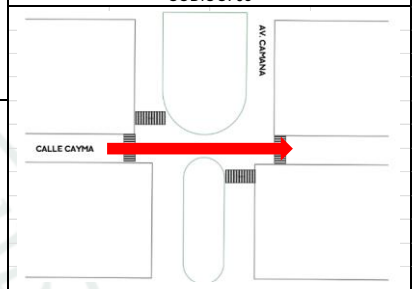
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "C" – código 9

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 09



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
ESTE



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
														
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	8	0	4	1	3	3	0	0	0	**23**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	10	17	2	6	5	5	4	2	2	0	**53**
	8	7:00 AM	8:00 AM	14	24	3	9	7	6	5	3	4	0	**75**
	9	8:00 AM	9:00 AM	14	23	4	9	6	5	6	4	4	0	**75**
	10	9:00 AM	10:00 AM	14	23	1	8	7	6	7	3	2	0	**71**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	18	1	7	6	6	5	1	3	0	**56**
	12	11:00 AM	12:00 PM	10	16	2	4	5	6	6	2	3	0	**54**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	13	17	2	5	8	7	4	4	2	0	**62**
	14	1:00 PM	2:00 PM	13	23	3	8	5	7	8	3	3	0	**73**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	22	3	7	5	5	7	1	4	0	**67**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	24	3	8	7	6	6	3	2	0	**72**
	17	4:00 PM	5:00 PM	13	18	0	9	5	6	6	2	2	0	**61**
	18	5:00 PM	6:00 PM	14	23	4	9	6	5	6	4	4	0	**75**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	13	23	2	9	6	8	6	4	3	0	**74**
	20	7:00 PM	8:00 PM	15	25	4	10	6	6	6	4	4	0	**80**
	21	8:00 PM	9:00 PM	11	18	2	8	4	5	4	4	2	0	**58**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	16	2	7	4	4	4	4	3	0	**53**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	6	0	3	2	3	0	0	0	0	**18**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**

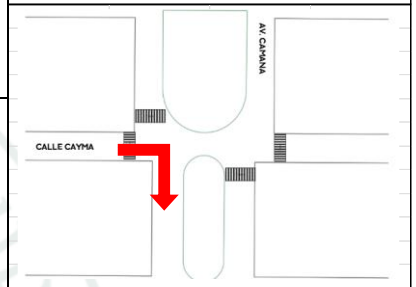
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "C" – código 10

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 10



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

DESDE
OESTE
HACIA
SUR



FECHA: 16/11/2025

TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	5	0	2	0	2	0	0	0	0	**10**
	6	5:00 AM	6:00 AM	8	12	0	11	4	6	4	0	0	0	**45**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	19	31	2	21	13	14	6	1	2	0	**109**
	8	7:00 AM	8:00 AM	25	39	2	26	14	15	9	3	3	0	**136**
	9	8:00 AM	9:00 AM	27	40	2	24	14	16	10	2	2	0	**137**
	10	9:00 AM	10:00 AM	25	40	3	28	13	13	11	3	2	0	**138**
	11	10:00 AM	11:00 AM	18	25	2	16	9	9	7	3	1	0	**90**
	12	11:00 AM	12:00 PM	18	26	3	17	10	8	7	2	2	0	**93**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	19	31	2	17	8	9	8	2	2	0	**98**
	14	1:00 PM	2:00 PM	23	33	0	21	8	13	9	2	3	0	**112**
	15	2:00 PM	3:00 PM	22	38	4	24	11	13	10	3	2	0	**127**
	16	3:00 PM	4:00 PM	25	36	4	23	12	11	9	0	1	0	**121**
	17	4:00 PM	5:00 PM	19	27	2	20	10	11	7	3	3	0	**102**
	18	5:00 PM	6:00 PM	26	39	2	23	14	16	10	2	2	0	**134**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	25	41	2	26	11	15	11	1	3	0	**135**
	20	7:00 PM	8:00 PM	22	36	2	23	9	13	10	3	3	0	**121**
	21	8:00 PM	9:00 PM	21	32	2	17	9	10	8	2	4	0	**105**
	22	9:00 PM	10:00 PM	15	19	2	12	8	8	4	1	2	0	**71**
	23	10:00 PM	11:00 PM	8	13	0	6	3	5	2	0	0	0	**37**
	24	11:00 PM	12:00 AM	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**4**

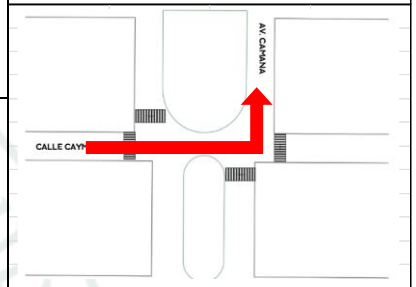
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "C" – código 11

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 11



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 16/11/2025

DESDE
OESTE
HACIA
NORTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	**5**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	10	0	5	1	4	4	0	0	0	**28**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	9	18	2	10	5	7	7	3	2	0	**63**
	8	7:00 AM	8:00 AM	13	25	2	13	7	8	12	2	1	0	**83**
	9	8:00 AM	9:00 AM	12	26	4	13	6	10	10	3	2	0	**86**
	10	9:00 AM	10:00 AM	14	24	4	15	7	11	12	3	3	0	**93**
	11	10:00 AM	11:00 AM	9	16	1	10	4	8	6	3	4	0	**61**
	12	11:00 AM	12:00 PM	9	17	1	9	5	7	7	2	1	0	**58**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	10	15	2	9	5	8	8	1	2	0	**60**
	14	1:00 PM	2:00 PM	11	23	0	12	7	9	9	3	2	0	**76**
	15	2:00 PM	3:00 PM	12	24	2	11	7	10	9	3	1	0	**79**
	16	3:00 PM	4:00 PM	12	21	2	13	7	9	10	3	3	0	**80**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	20	0	11	6	9	9	3	2	0	**70**
	18	5:00 PM	6:00 PM	12	26	4	13	6	10	10	3	2	0	**86**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	13	25	4	15	6	11	11	3	1	0	**89**
	20	7:00 PM	8:00 PM	15	24	3	14	8	9	9	4	3	0	**89**
	21	8:00 PM	9:00 PM	10	19	3	11	7	9	7	2	4	0	**72**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	14	2	8	5	6	4	4	3	0	**55**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	7	0	5	2	4	2	0	0	0	**24**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**

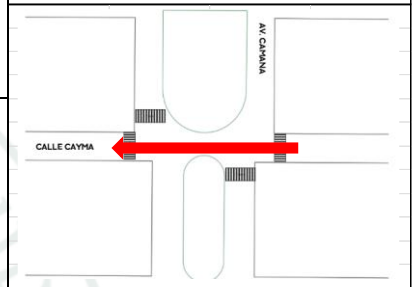
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "D" – código 12

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 12



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 16/11/2025

DESDE
ESTE
HACIA
OESTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**2**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	2	4	3	0	0	0	**21**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	5	6	2	8	4	6	5	1	3	0	**40**
	8	7:00 AM	8:00 AM	8	10	3	10	7	9	8	4	4	0	**63**
	9	8:00 AM	9:00 AM	8	9	4	8	5	8	7	3	3	0	**55**
	10	9:00 AM	10:00 AM	8	9	3	8	7	8	6	4	3	0	**56**
	11	10:00 AM	11:00 AM	7	8	1	8	7	8	7	2	2	0	**50**
	12	11:00 AM	12:00 PM	4	6	3	4	4	6	4	0	4	0	**35**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	6	9	2	8	4	10	6	2	2	0	**49**
	14	1:00 PM	2:00 PM	8	10	3	8	5	9	6	3	3	0	**55**
	15	2:00 PM	3:00 PM	7	10	3	8	6	9	7	4	4	0	**58**
	16	3:00 PM	4:00 PM	7	8	1	8	7	8	5	2	3	0	**49**
	17	4:00 PM	5:00 PM	6	9	3	7	5	7	5	2	2	0	**46**
	18	5:00 PM	6:00 PM	8	9	4	8	5	8	7	3	3	0	**55**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	10	2	8	7	9	7	2	3	0	**56**
	20	7:00 PM	8:00 PM	8	10	4	8	7	9	8	4	4	0	**62**
	21	8:00 PM	9:00 PM	5	6	2	5	4	7	4	3	1	0	**37**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	6	3	4	4	6	4	1	3	0	**35**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	4	0	4	1	4	0	0	0	0	**17**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

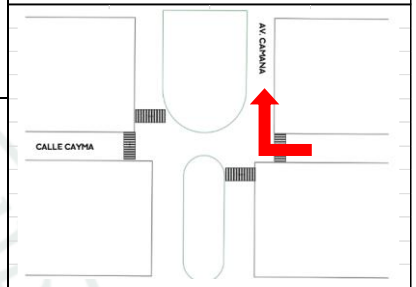
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "D" – código 13

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 13



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 16/11/2025

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	1	1	0	1	0	3	1	0	0	0	**7**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	8	0	7	3	4	4	0	0	0	**30**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	11	19	2	16	7	10	9	1	2	0	**77**
	8	7:00 AM	8:00 AM	13	25	2	18	10	13	9	4	2	0	**96**
	9	8:00 AM	9:00 AM	13	26	4	18	10	16	9	1	4	0	**101**
	10	9:00 AM	10:00 AM	12	26	3	21	9	15	10	3	3	0	**102**
	11	10:00 AM	11:00 AM	8	20	1	13	7	10	6	1	3	0	**69**
	12	11:00 AM	12:00 PM	6	18	3	13	6	10	5	2	2	0	**65**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	8	20	2	13	8	9	6	2	2	0	**70**
	14	1:00 PM	2:00 PM	14	22	3	17	8	15	7	4	3	0	**93**
	15	2:00 PM	3:00 PM	13	22	3	16	8	14	7	3	4	0	**90**
	16	3:00 PM	4:00 PM	13	23	4	17	9	16	9	1	4	0	**96**
	17	4:00 PM	5:00 PM	9	20	4	15	6	12	6	2	4	0	**78**
	18	5:00 PM	6:00 PM	13	26	4	17	10	16	9	1	4	0	**100**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	15	24	3	18	10	15	9	2	4	0	**100**
	20	7:00 PM	8:00 PM	13	22	3	16	9	14	8	2	3	0	**90**
	21	8:00 PM	9:00 PM	13	19	2	14	9	13	5	2	3	0	**80**
	22	9:00 PM	10:00 PM	9	13	2	10	7	8	5	3	3	0	**60**
	23	10:00 PM	11:00 PM	4	6	0	5	3	4	2	0	0	0	**24**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	**4**

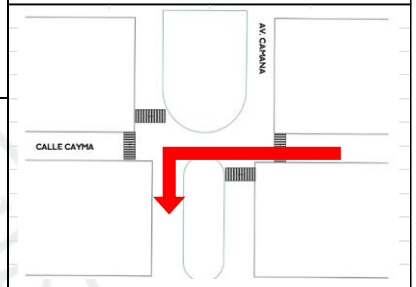
AFOROS VEHICULARES DÍA 16-11-2025

Acceso "D" – código 14

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

CODIGO: 14



FICHA DE CONTEO VEHICULAR Y REGISTRO DE MANIOBRAS

FECHA: 16/11/2025

DESDE
ESTE
HACIA
NORTE



TIPO DE VEHICULO / HORARIO				MENORES			LIVIANOS				MEDIANOS	PESADOS		TOTAL
PER	HORA	INICIO	FIN	LINEAL	MOTOTAXI	MOTOCARGA	AUTO	PICK UP	SUV	COMBI	MICRO BUS	1E	2E	
MADRUGADA	1	12:00 AM	1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	1:00 AM	2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	3	2:00 AM	3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	4	3:00 AM	4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	5	4:00 AM	5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	6	5:00 AM	6:00 AM	4	4	0	4	2	2	4	0	0	0	**20**
MAÑANA	7	6:00 AM	7:00 AM	7	7	2	6	5	5	4	3	2	0	**41**
	8	7:00 AM	8:00 AM	11	9	2	8	7	7	6	2	4	0	**56**
	9	8:00 AM	9:00 AM	10	9	3	8	6	8	7	4	3	0	**58**
	10	9:00 AM	10:00 AM	9	9	1	9	7	7	6	4	3	0	**55**
	11	10:00 AM	11:00 AM	5	7	2	4	5	4	4	1	3	0	**35**
	12	11:00 AM	12:00 PM	5	7	1	4	4	4	4	3	3	0	**35**
TARDE	13	12:00 PM	1:00 PM	11	11	3	5	6	5	6	1	4	0	**52**
	14	1:00 PM	2:00 PM	9	9	3	7	5	7	7	4	2	0	**53**
	15	2:00 PM	3:00 PM	8	8	3	8	8	6	5	4	3	0	**53**
	16	3:00 PM	4:00 PM	9	9	4	8	5	8	6	3	3	0	**55**
	17	4:00 PM	5:00 PM	10	10	3	8	6	8	6	1	3	0	**55**
	18	5:00 PM	6:00 PM	10	9	3	8	6	8	7	4	3	0	**58**
NOCHE	19	6:00 PM	7:00 PM	8	10	3	8	8	7	5	3	4	0	**56**
	20	7:00 PM	8:00 PM	10	10	4	8	6	6	6	2	3	0	**55**
	21	8:00 PM	9:00 PM	7	6	3	6	5	5	4	3	2	0	**41**
	22	9:00 PM	10:00 PM	4	7	4	4	4	4	4	2	3	0	**36**
	23	10:00 PM	11:00 PM	3	3	0	3	1	0	0	0	0	0	**10**
	24	11:00 PM	12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**