Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Evaluación de la productividad laboral mediante la integración de Takt-Time y Carta Balance, validada por el método Delphi, en obras de infraestructura educativa por contrata en la provincia de Arequipa

Tesis presentada por:

Achiri Choquepuma, Flavio Rivaldo

ORCID: 0009-0002-4475-0260

Condori Mamani, Max Baruch

ORCID: 0009-0000-9476-4201

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mgter. Loayza Rodríguez, José German

ORCID: 0000-0003-0997-674X

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 21 de Septiembre del 2026

Dictamen: 015642-C-EPIC-2026

Visto el borrador del expediente 015642, presentado por:

2019118081 - CONDORI MAMANI MAX BARUCH
2019118011 - ACHIRI CHOQUEPUMA FLAVIO RIVALDO

Titulado:

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE TAKT-TIME Y CARTA BALANCE, VALIDADA POR EL MÉTODO DELPHI, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA POR CONTRATA EN LA PROVINCIA DE AREQUIPA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

INGENIERO CIVIL

29412437 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO
DICTAMINADOR

71256920 - TORRES ALMIRON JENIFFER CARLA
DICTAMINADOR

46309156 - MONTOYA VILLANUEVA FILIBERTO RODY
DICTAMINADOR

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE TAKT-TIME Y CARTA BALANCE, VALIDADA POR EL MÉTODO DELPHI, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA POR CONTRATA EN LA PROVINCIA DE AREQUI

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	8%	5%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Nacional de Cajamarca Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repository.tudelft.nl Fuente de Internet	<1%
8	dfzljdn9uc3pi.cloudfront.net Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to ueb Trabajo del estudiante	<1%
11	docs.google.com Fuente de Internet	<1%
12	Cruz Martinez, Rudy Genaro. "Gestión educativa y compromisos de gestión escolar en las instituciones educativas del distrito de Orurillo", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1%
13	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1%

DEDICATORIA

A nuestros queridísimos padres por ser un sostén incondicional en cada etapa de este camino. Gracias por enseñarnos el valor del esfuerzo, por creer en nosotros cuando y por acompañarnos con paciencia y amor, cada logro lleva consigo su sacrificio silencioso. Esta tesis es fruto de sus enseñanzas, su ejemplo y su fe constante. No hay palabras suficientes para agradecer todo lo que han hecho. Siempre los llevaremos con nosotros y con mucho orgullo todo lo que nos dieron: valores, fuerza y corazón

A nuestros amigos y cada miembro de nuestra familia, por incentivarnos en todo momento hasta lograr nuestra meta.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra queridísima escuela profesional de ingeniería civil, por la formación académica de calidad y las constantes exigencias, que dieron como fruto un buen desempeño en el campo laboral.

A nuestra familia que confió en nosotros cada día, nos sirvió de inspiración para llegar cada vez más lejos.

RESUMEN

El presente estudio analiza el acercamiento a la metodología Takt-Time, la herramienta de la Carta Balance y el método Delphi, así como la guía PMBOK que fue relegada a una herramienta de apoyo sobre la productividad en obras de modalidad por contrata; centrándose así en instituciones educativas. La región de Arequipa actualmente cuenta tanto con obras activas como paralizadas; por ello, para el análisis se realiza una búsqueda de literatura sobre las herramientas y metodologías mencionadas previamente; posterior a la recolección de información, se procedió a evaluar tres proyectos relacionados a obras de construcción con índole educacional; para finalmente realizar el contraste entre la teoría con la práctica y analizar cada caso de estudio. Los factores a analizar y que permitirán comparar los conceptos previamente estudiados con la realidad en un contraste mediante las técnicas y herramientas a emplear son: el rendimiento del personal, uso eficiente del tiempo, cumplimiento del cronograma; dado que todos los proyectos están contextualizados en la región de Arequipa, la guía de observación, cuestionarios estructurados, guía de entrevistas y plataformas como el SEACE proporcionarán sustento empírico para fundamentar los resultados obtenidos.

Palabras clave: Takt-Time, Carta Balance, Delphi.

ABSTRACT

This study analyzes the application of the Takt-Time methodology, the Balance Chart tool, and the Delphi method, as well as the PMBOK guide, which has been relegated to a support tool for productivity in contracted construction projects, focusing on educational institutions. The Arequipa region currently has both active and stalled construction projects; therefore, the analysis begins with a literature review of the aforementioned tools and methodologies. Following data collection, three educational construction projects are evaluated. Finally, a comparison is made between theory and practice, analyzing each case study. The factors to be analyzed, which will allow for a comparison of the previously studied concepts with reality through the techniques and tools employed, are: personnel performance, efficient use of time, and adherence to the schedule. Since all projects are contextualized in the Arequipa region, the observation guide, structured questionnaires, interview guide and platforms such as SEACE will provide empirical support to substantiate the results obtained.

Keywords: Takt Time, Balance Sheet, Delphi.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
1.1. Planteamiento del problema y su relevancia 2
1.2. Justificación de la investigación 7
1.2.1. Justificación Teórica: 8
1.2.2. Justificación Práctica: 8
1.2.3. Justificación Ambiental: 8
1.2.4. Justificación Económica: 8
1.2.5. Justificación Tecnológica: 9
1.2.6. Justificación Social: 9
1.2.7. Utilidad metodológica: 9
1.3. Hipótesis 10
1.3.1. Hipótesis general. 10
1.3.2. Hipótesis específicas. 10
1.4. Objetivo de la Investigación 10
1.4.1. Objetivo general 10
1.4.2. Objetivos específicos 11
1.5. Variables e indicadores 11
1.5.1. Variables 11
1.5.2. Indicadores 12
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO 17
2.1 Estado del arte 17
2.1.1 Internacionales 17
2.1.2 Nacionales 22
2.1.3 Locales 25
2.1.4 Matriz del estado de arte: 26
2.2 Marco teórico 28
2.2.1 Productividad: 28

2.2.2 Factores que afectan negativamente la productividad 30
2.2.3 Mano de Obra: 31
2.2.4 Productividad de la mano de obra 31
2.2.5 Ventajas de la productividad: 32
2.2.6 Takt-Time: 32
2.2.7 Carta Balance: 32
2.2.8 Gestión de Riesgos: 33
2.2.9 Niveles de Riesgo: 33
2.2.10 Guía de gestión de proyectos PMBOK: 34
2.2.11 Obras por contrata 34
2.2.12 Glosario de términos técnicos: 34
2.2.13 Esquema conceptual de interacción de las metodologías Takt-time, Carta Balance y Delphi. 35
2.3 Marco Legal 35
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 37
3.1 Tipo y nivel de Investigación 37
3.2 Métodos de la Investigación 37
3.2.1 Detalles del desarrollo metodológico Delphi: 38
3.2.2 Nivel de homogeneidad y limitaciones entre los casos de estudio 41
3.2.3 Criterios de selección de partidas críticas 43
3.2.4 Validez y confiabilidad de instrumentos 45
3.2.5 Tratamiento estadístico 46
3.2.6 Esquema metodológico 49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS 50
4.1 Primera ronda – Identificación de los factores que afectan la productividad laboral 50
4.1.1 Selección de los proyectos con infraestructura educativa: 52
4.1.2 Panel de expertos 53
4.1.3 Encuestas a profesionales 55
4.2 Segunda ronda– Convergencia de respuestas del panel de expertos: 104
4.3 Revisión de las respuestas y consenso de opiniones del panel de expertos 129
4.3.1 Confiabilidad de las respuestas emitidas por el panel de expertos: 129
4.3.2 Dimensión del Takt-Time: 132

4.3.3 Dimensión de la Carta Balance: 133
4.3.4 Dimensión de Gestión de Riesgos:..... 134
4.3.5 Dimensión del Rendimiento del personal: 135
4.3.6 Dimensión del Uso eficiente del tiempo: 136
4.3.7 Dimensión del Cumplimiento del cronograma: 137
4.3.8 Consenso de los expertos tras ejecución de las rondas: 137
4.4 Integración de las metodologías Takt-time y Carta Balance para la evaluación la productividad laboral. 140
4.4.1 Análisis de las actividades mediante la Carta Balance: 141
4.4.2 Integración de Takt–time con Carta Balance: 181
4.5 Comparación y validación de resultados obtenidos..... 262
4.6 Discusión de los resultados..... 268
4.6.1 Discusión de los resultados de las encuestas bajo metodología Delphi 268
4.6.2 Discusión de resultados tras la aplicación de cartas balance: 271
4.6.3 Discusión de resultados tras la aplicación de Takt-Time:..... 271
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 274
5.1 Conclusiones..... 274
5.2 Recomendaciones 276
Referencias Bibliográficas..... 278

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Obras paralizadas por modalidad de ejecución.* *6*
Tabla 2. *Dimensiones e indicadores empleados en el proyecto* *16*
Tabla 3 *Matriz del estado del arte.* *26*
Tabla 4 *Resumen de análisis comparativo entre investigaciones.* *27*
Tabla 5 *Marco legal considerado para el proyecto de investigación.* *36*
Tabla 6 *Listado de expertos.* *40*
Tabla 7 *Tabla de homogeneidad y limitaciones entre proyectos seleccionados.* *42*
Tabla 8 *Justificación de elección de partidas críticas.* *44*
Tabla 9 *Tabla de métodos.* *47*
Tabla 10 *Matriz de Operacionalización.* *48*
Tabla 11 *Obras finalizadas en la región de Arequipa.* *51*
Tabla 12 *Obras de índole educativa seleccionadas para el estudio.* *53*
Tabla 13 *Orden y cargo de los expertos.* *55*
Tabla 14 *Primera hoja de encuestas Likert para evaluar conocimientos de profesionales.* *56*
Tabla 15 *Dimensión Takt-Time de la segunda hoja de encuestas.* *56*
Tabla 16 *Dimensión Carta Balance de la segunda hoja de encuestas.* *58*
Tabla 17 *Dimensión de la Gestión de riesgos de la segunda hoja de encuestas.* *59*
Tabla 18 *Dimensión del rendimiento del personal.* *60*
Tabla 19 *Dimensión del Uso eficiente del tiempo.* *60*
Tabla 20 *Dimensión del Cumplimiento del cronograma.* *61*
Tabla 21 *Uso de herramienta de gestión.* *89*
Tabla 22 *Herramienta Takt–time.* *91*
Tabla 23 *Herramienta Carta Balance.* *93*
Tabla 24 *Herramientas de gestión de riesgos.* *96*
Tabla 25 *Rendimiento del personal.* *99*
Tabla 26 *Uso eficiente del tiempo.* *101*
Tabla 27 *Cumplimiento del cronograma.* *102*
Tabla 28 *Encuesta Likert para la convergencia de respuesta de expertos segunda ronda.* *106*
Tabla 29 *Rangos de confiabilidad alfa de Cronbach.* *129*
Tabla 30 *Rangos de confiabilidad encuestas Likert.* *129*
Tabla 31 *Alfa de Cronbach para resultados de la primera ronda.* *130*

Tabla 32 *Resumen de respuestas y consenso de la dimensión de Takt-Time..... 133*
Tabla 33 *Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Carta Balance..... 134*
Tabla 34 *Resumen de respuestas y consenso de la dimensión de Gestión de riesgos.. 135*
Tabla 35 *Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Rendimiento del Personal. 136*
Tabla 36 *Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Uso eficiente del tiempo. 136*
Tabla 37 *Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Cumplimiento del cronograma..... 137*
Tabla 38 *Análisis estadístico 138*
Tabla 39 *Matriz de validación de expertos 139*
Tabla 40 *Partidas analizadas en el proyecto. 181*
Tabla 41 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de excavación de zanjas para cimientos. 182*
Tabla 42 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de acero de refuerzo en zapatas. 185*
Tabla 43 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en zapatas..... 188*
Tabla 44 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de acero de refuerzo en columnas. 191*
Tabla 45 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrado y desencofrado en columnas. 194*
Tabla 46 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en columnas..... 197*
Tabla 47 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de acero de refuerzo en vigas. 200*
Tabla 48 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrado y desencofrado en vigas..... 203*
Tabla 49 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en vigas..... 206*
Tabla 50 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de muros de ladrillos K.K. en soga..... 209*
Tabla 51 *Partidas evaluadas en el segundo proyecto. 212*
Tabla 52 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de excavaciones para cimientos. 213*
Tabla 53 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de aceros para zapatas. 215*
Tabla 54 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en zapatas..... 218*

Tabla 55 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de aceros para columnas. 221*
Tabla 56 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrado y desencofrado en columnas. 224*
Tabla 57 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en columnas..... 227*
Tabla 58 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de aceros destinados en vigas. 230*
Tabla 59 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrados y desencofrado en vigas. 233*
Tabla 60 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en vigas..... 236*
Tabla 61 *Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de muros de ladrillo en soga.239*
Tabla 62 *Partidas analizadas del tercer proyecto. 242*
Tabla 63 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de excavación para cimientos. 243*
Tabla 64 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de acero corrugado en zapatas. 244*
Tabla 65 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de concreto en zapatas. 246*
Tabla 66 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de acero corrugado en columnas. 248*
Tabla 67 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de encofrado y desencofrado en columnas. 250*
Tabla 68 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de concreto para columnas. ... 252*
Tabla 69 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de acero corrugado para vigas. 254*
Tabla 70 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de encofrado y desencofrado para vigas. 256*
Tabla 71 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de concreto en vigas. 258*
Tabla 72 *Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de muro de ladrillos en soga.. 260*
Tabla 73 *Resultados de los tiempos Takt según CAPECO y los obtenidos de los tres proyectos. 263*
Tabla 74 *Resultados de los tiempos Takt calculados y Takt según antecedentes. 267*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Sectores con obras paralizadas con nivel de avance físico del 90% a 100%...* 7
Figura 2 *Sistema productivo.* 28
Figura 3 *Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.* 29
Figura 4 *Esquema de la productividad total.* 31
Figura 5 *Esquema de interacción de metodologías*..... 35
Figura 6 *Esquema metodológico de la investigación.* 49
Figura 7 *Obras finalizadas en Arequipa.*..... 51
Figura 8 *Datos recopilados de la encuesta Likert para la Dimensión Takt-Time.* 62
Figura 9 *Gráfico circular sobre la opinión el ritmo de trabajo ajustado al Takt-Time.* 63
Figura 10 *Gráfico circular sobre el seguimiento regular al Takt-Time.*..... 64
Figura 11 *Existencia de las desviaciones frecuentes respecto al Takt-Time.*..... 65
Figura 12 *Identificación del equilibrio entre tiempo de ciclo y Takt-Time.*..... 66
Figura 13 *Gráfico circular sobre el flujo continuo de actividades sin interrupciones.* 67
Figura 14 *Gráfico circular sobre la sincronización de actividades y el Takt-Time.*..... 68
Figura 15 *Datos recopilados de la encuesta Likert para la Dimensión Carta Balance.*70
Figura 16 *Medición frecuente del porcentaje productivo del personal en el proyecto.* 71
Figura 17 *Contabilidad de las actividades contribuyentes para cada jornada.* 72
Figura 18 *Gráfico sobre la evaluación constante del trabajo no contributivo.* 73
Figura 19 *Gráfico sobre la aplicación de mejoras basadas en datos de la Carta Balance.* 74
Figura 20 *Datos recopilados de la encuesta Likert para la Dimensión Gestión de Riesgos.* 75
Figura 21 *Gráfico sobre la identificación de los principales riesgos del proyecto.*..... 76
Figura 22 *Gráfico sobre la existencia de estrategias para responder ante eventos de riesgos.*..... 77
Figura 23 *Gráfico sobre la aplicación de monitoreos de los riesgos durante la ejecución.* 78
Figura 24 *Gráfico sobre la aplicación de la gestión de riesgos y tiempos.* 79
Figura 25 *Datos de la encuesta Likert para la Dimensión sobre el rendimiento del personal.* 80
Figura 26 *Gráfico sobre el cumplimiento de las tareas programados.* 81
Figura 27 *Gráfico sobre la comparación de tareas realizadas con las programadas.* . 82

Figura 28 *Datos de la encuesta Likert para la Dimensión sobre el uso eficiente del tiempo. 83*
Figura 29 *Gráfico sobre el aprovechamiento eficiente del tiempo disponible en obra. 84*
Figura 30 *Gráfico sobre la evaluación de actividades gracias a estrategias concretas. 85*
Figura 31 *Datos de la encuesta Likert para la Dimensión sobre el uso eficiente del tiempo. 86*
Figura 32 *Gráfico sobre el cumplimiento de las tareas programadas. 87*
Figura 33 *Gráfico sobre la comparación en tarea realizadas con las programadas.... 88*
Figura 34 *Uso de herramienta de gestión. 90*
Figura 35 *Uso de herramienta de gestión. 92*
Figura 36 *Herramienta Carta Balance. 95*
Figura 37 *Herramientas de la Gestión de riesgos. 98*
Figura 38 *Rendimiento del personal. 100*
Figura 39 *Uso eficiente del tiempo. 102*
Figura 40 *Cumplimiento del cronograma. 103*
Figura 41 *Respuestas de la segunda ronda en la dimensión de Takt-Time 108*
Figura 42 *Respuestas del panel de expertos sobre la recolección de datos en tiempo real como solución válida. 109*
Figura 43 *Respuestas del panel de expertos sobre la importancia de redistribución de cuadrillas. 110*
Figura 44 *Respuestas del panel de expertos sobre efectividad en la sincronía de actividades. 111*
Figura 45 *Respuestas de la segunda ronda en la dimensión de la Carta Balance. 113*
Figura 46 *Respuestas del panel de expertos sobre la integración de Just in Time. 114*
Figura 47 *Respuestas del panel de expertos sobre la importancia de un programa de formación. 115*
Figura 48 *Respuestas de la segunda ronda en la dimensión de la Gestión de Riesgos. 117*
Figura 49 *Respuestas del panel de expertos sobre el uso de un catálogo de riesgos críticos. 118*
Figura 50 *Respuestas del panel de expertos sobre integración de control de riesgos diarios. 119*

Figura 51 *Respuestas de la segunda ronda en la dimensión del Rendimiento del personal.* *121*
Figura 52 *Respuestas del panel de expertos sobre integración de las tres herramientas.* *122*
Figura 53 *Respuestas de la segunda ronda en la dimensión del Uso eficiente del tiempo.* *124*
Figura 54 *Respuestas del panel de expertos sobre la evaluación de tiempo no productivo.* *125*
Figura 55 *Respuestas de la segunda ronda de la dimensión del Cumplimiento del cronograma.* *127*
Figura 56 *Respuestas del panel de expertos sobre el orden de implementación.* *128*
Figura 57 *Alfa de Cronbach para respuestas de la segunda ronda.* *131*
Figura 58 *Carta Balance de la partida excavaciones c/equipo para cimentaciones.* . *143*
Figura 59 *Trabajo del obrero 1.* *144*
Figura 60 *Trabajo del obrero 2.* *144*
Figura 61 *Trabajo del obrero 3.* *145*
Figura 62 *Carta Balance de la partida de acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.* *146*
Figura 63 *Trabajo del obrero 1* *147*
Figura 64 *Trabajo del obrero 2.* *147*
Figura 65 *Trabajo del obrero 3.* *148*
Figura 66 *Trabajo del obrero 4.* *148*
Figura 67 *Trabajo del obrero 5.* *149*
Figura 68 *Carta Balance de la partida de concreto zapatas f'c=210 kg/cm2 premezclado en obra.* *150*
Figura 69 *Trabajo del obrero 1.* *151*
Figura 70 *Trabajo del obrero 2.* *151*
Figura 71 *Trabajo del obrero 3.* *152*
Figura 72 *Trabajo del obrero 4.* *152*
Figura 73 *Carta Balance de la partida de acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en columnas.* *154*
Figura 74 *Trabajo del Obrero 1.* *155*
Figura 75 *Trabajo del Obrero 2.* *155*
Figura 76 *Trabajo del Obrero 3.* *156*

Figura 77 *Trabajo del Obrero 4.* *156*
Figura 78 *Trabajo del Obrero 5.* *157*
Figura 79 *Carta Balance de la partida de encofrado y desencofrado normal de columnas.* *158*
Figura 80 *Trabajo del obrero 1.* *159*
Figura 81 *Trabajo del obrero 2.* *159*
Figura 82 *Trabajo del obrero 3.* *160*
Figura 83 *Trabajo del obrero 4.* *160*
Figura 84 *Carta Balance de la partida de concreto en columnas f'c=210 kg/cm2 mixer.* *162*
Figura 85 *Trabajo del obrero 1.* *163*
Figura 86 *Trabajo del obrero 2.* *163*
Figura 87 *Trabajo del obrero 3.* *164*
Figura 88 *Trabajo del obrero 4.* *164*
Figura 89 *Carta Balance de la partida de acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas.* *166*
Figura 90 *Trabajo del Obrero 1.* *167*
Figura 91 *Trabajo del Obrero 2.* *167*
Figura 92 *Trabajo del Obrero 3.* *168*
Figura 93 *Trabajo del Obrero 4.* *168*
Figura 94 *Trabajo del Obrero 5.* *169*
Figura 95 *Carta Balance de la partida de encofrado y desencofrado normal en vigas.* *170*
Figura 96 *Trabajo del obrero 1.* *171*
Figura 97 *Trabajo del obrero 2.* *171*
Figura 98 *Trabajo del obrero 3.* *172*
Figura 99 *Trabajo del obrero 4.* *172*
Figura 100 *Carta de balance de la partida de concreto en vigas f'c=210 kg/cm2 mixer.* *174*
Figura 101 *Trabajo del obrero 1.* *175*
Figura 102 *Trabajo del obrero 2.* *175*
Figura 103 *Trabajo del obrero 3.* *176*
Figura 104 *Trabajo del obrero 4.* *176*

Figura 105 *Carta Balance de la partida de muro de ladrillo K.K en soga con mezcla del 1:5.* *178*
Figura 106 *Trabajo del obrero 1.* *179*
Figura 107 *Trabajo del obrero 2.* *179*
Figura 108 *Trabajo del obrero 3.* *180*
Figura 109 *Instalación de encofrados "mercado temático turístico (mercado público/comercial)"* *266*
Figura 110 *Acero de reforzamiento "mercado temático turístico (mercado público/comercial)"* *266*
Figura 111 *Vaciado de concreto "mercado temático turístico (mercado público/comercial)"* *266*
Figura 112 *Rendimientos de CAPECO 2023.* *284*
Figura 113 *Rendimiento de CAPECO 2023 (Continuación).* *285*
Figura 114 *Rendimiento de CAPECO 2023 (Continuación).* *286*
Figura 115 *Suplemento técnico de setiembre 2025.* *287*
Figura 116 *Suplemento técnico de setiembre 2025 (Continuación).* *288*
Figura 117 *Suplemento técnico de setiembre 2025 (Continuación).* *289*
Figura 118 *Suplemento técnico de setiembre 2025 (Continuación).* *290*
Figura 119 *Carta de solicitud de validación de instrumentos.* *291*
Figura 120 *Primera hoja de encuestas Likert (primera ronda)* *292*
Figura 121 *Segunda hoja de encuestas, opción múltiple – Primer apartado (primera ronda).* *293*
Figura 122 *Segunda hoja de encuestas, opción múltiple – Segundo apartado (primera ronda).* *294*
Figura 123 *Encuesta Likert segunda ronda* *295*
Figura 124 *Respuesta del primer experto "gerente de constructora" (primera ronda)* *296*
Figura 125 *Respuesta del primer experto "gerente de constructora" (segunda ronda)* *297*
Figura 126 *Respuesta del segundo experto "gerente de constructora" (primera ronda)* *298*
Figura 127 *Respuesta del segundo experto "gerente de constructora" (segunda ronda)* *299*
Figura 128 *Respuesta del tercer experto "proyectista" (primera ronda)* *300*

Figura 129 *Respuesta del tercer experto "proyectista" (segunda ronda)..... 301*
Figura 130 *Respuesta del cuarto experto "proyectista" (primera ronda)..... 302*
Figura 131 *Respuesta del cuarto experto "proyectista" (segunda ronda)..... 303*
Figura 132 *Respuesta del quinto experto "proyectista" (primera ronda) 304*
Figura 133 *Respuesta del quinto experto "proyectista" (segunda ronda)..... 305*
Figura 134 *Respuesta del sexto experto "residente de obra" (primera ronda) 306*
Figura 135 *Respuesta del sexto experto "residente de obra" (segunda ronda)..... 307*
Figura 136 *Respuesta del séptimo experto "residente de obra" (primera ronda)..... 308*
Figura 137 *Respuesta del séptimo experto "residente de obra" (segunda ronda) 309*
Figura 138 *Respuesta del octavo experto "supervisor de obra" (primera ronda) 310*
Figura 139 *Respuesta del octavo experto "supervisor de obra" (segunda ronda).....311*
Figura 140 *Respuesta del noveno experto "supervisor de obra" (primera ronda) 312*
Figura 141 *Respuesta del noveno experto "supervisor de obra" (segunda ronda).... 313*
Figura 142 *Respuesta del décimo experto "jefe de oficina técnica" (primera ronda) 314*
Figura 143 *Respuesta del décimo experto "jefe de oficina técnica" (segunda ronda) 315*
Figura 144 *Respuesta del undécimo experto "ingeniero de calidad" (primera ronda) 316*
Figura 145 *Respuesta del undécimo experto "ingeniero de calidad" (segunda ronda) 317*
Figura 146 *Respuesta del duodécimo experto "jefe de producción" (primera ronda) 318*
Figura 147 *Respuesta del duodécimo experto "jefe de producción" (segunda ronda) 319*
Figura 148 *Respuesta del decimotercero experto "especialista de seguridad SSOMA" (primera ronda) 320*
Figura 149 *Respuesta del decimotercero experto "especialista de seguridad SSOMA" (segunda ronda)..... 321*
Figura 150 *Respuesta del decimocuarto experto "ingeniero de costos y presupuestos" (primera ronda) 322*
Figura 151 *Respuesta del decimocuarto experto "ingeniero de costos y presupuestos" (primera ronda) 323*
Figura 152 *Respuesta del decimoquinto experto "jefe de logística y almacén" (primera ronda) 324*
Figura 153 *Respuesta del decimoquinto experto "jefe de logística y almacén" (primera ronda) 325*

Figura 154 *Carta Balance para partida de excavaciones con equipo para cimentaciones 326*
Figura 155 *Carta Balance para partida de acero corrugado fy=4200 kg/cm2 en zapatas 327*
Figura 156 *Carta Balance para concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2 premezclado en obra..... 328*
Figura 157 *Carta Balance para partida de acero corrugado fy=4200 kg/cm2 en columnas..... 329*
Figura 158 *Carta Balance para partida encofrado y desencofrado normal de columnas. 330*
Figura 159 *Carta Balance para partida de concreto en columnas f'c=210 kg/cm2 por mixer. 331*
Figura 160 *Carta Balance para partida de acero corrugado fy=4200 kg/cm2 en vigas. 332*
Figura 161 *Carta Balance para partida de encofrado y desencofrado normal de vigas. 333*
Figura 162 *Carta Balance para partida del concreto en vigas f'c=210 kg/cm2 en mixer. 334*
Figura 163 *Carta Balance para partida de muros de ladrillo k.k. de soga con mezcla 1:5. ..... 335*
Figura 164 *Vista desde exteriores del tercer proyecto analizado..... 336*
Figura 165 *Implementación de aceros en obra. 337*
Figura 166 *Encofrado en partida de excavaciones. 337*
Figura 167 *Control mediante Carta Balance in situ. 338*
Figura 168 *Control mediante Carta Balance in situ. 339*
Figura 169 *Vista panorámica dentro del área del proyecto. 339*
Figura 170 *Encofrado de vigas de cimentación. 340*
Figura 171 *Vaciado de concreto en columnas. 341*
Figura 172 *Control de partida mediante Carta Balance in situ..... 341*
Figura 173 *Control de partida mediante Carta Balance..... 342*
Figura 174 *Control de partida mediante Carta Balance..... 342*
Figura 175 *Excavación de tierras dentro del proyecto. 343*
Figura 176 *Control de partida mediante Carta Balance..... 344*
Figura 177 *Fotografía del tesista con personal del proyecto..... 345*

Figura 178 *Control de partida mediante Carta Balance.* *346*
Figura 179 *Cartel de obra del tercer proyecto analizado.* *347*
Figura 180 *Cartel de obra del tercer proyecto analizado.* *348*

INTRODUCCIÓN

La productividad de la mano de obra constituye uno de los factores más determinantes en el cumplimiento de plazos, costos y calidad en los proyectos de construcción civil, especialmente en aquellos vinculados a infraestructura educativa. En este contexto, la planificación tradicional basada únicamente en rendimientos teóricos suele presentar limitaciones al no reflejar las condiciones reales de ejecución en obra.

La presente investigación tiene como finalidad analizar la productividad laboral en proyectos de infraestructura educativa mediante la aplicación del método Delphi, junto a la integración de herramientas como lo son las cartas balance y el cálculo del Takt Time. Para ello, se seleccionaron tres proyectos representativos de la provincia Arequipa, dos de ellos finalizados y uno en ejecución, lo que permitió contrastar información teórica con datos reales obtenidos en campo.

A partir del análisis de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos de las cuadrillas de trabajo, se buscó determinar un ritmo de producción más realista, capaz de apoyar la toma de decisiones en la planificación y control de obra. De esta manera, el estudio aporta un enfoque práctico para la evaluación de la productividad, contribuyendo a la gestión del tiempo y los recursos en proyectos de construcción civil.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema y su relevancia

A nivel internacional, la industria de la construcción experimentó retrasos económicos. Sin embargo, como indica Matrix Consulting, países como Japón, Alemania, Reino Unido y España lograron recuperarse de estos retrasos en los últimos años, incrementando sus índices de producción y compitiendo con las grandes industrias (Acevedo y Aroni, 2021).

Para 2050, se espera que la población mundial alcance los 9.500 millones, de los cuales el 70% vivirá en áreas urbanas, lo que implicará un gran consumo de recursos. Este crecimiento poblacional aumenta el impacto en la industria de la construcción, ya que será necesario desarrollar proyectos suficientes para satisfacer las necesidades de vivienda y calidad de vida. Para lograrlo, es crucial que estos proyectos sean eficaces, sostenibles y económicos (ONU, 2022).

La correcta ejecución de los proyectos dentro de los costos y plazos previstos resulta esencial para asegurar la viabilidad económica y financiera de las empresas involucradas. No obstante, las desviaciones importantes en los costos y cronogramas de los proyectos de ingeniería han generado una creciente preocupación en numerosas compañías constructoras a nivel global. Estas desviaciones se originan por múltiples factores, entre los cuales destacan la planificación deficiente, una inadecuada definición del alcance y la baja productividad. De estos factores, la baja productividad se identifica como el principal (Sarmento y Ribeiro 2021).

Por ello, resulta fundamental entender los factores que impactan de manera positiva o negativa en el desempeño de la productividad laboral, tema que ha cobrado especial atención tanto en el ámbito académico como en el sector industrial (Sarmento y Ribeiro 2021).

Aunque la industria de la construcción es una de las más grandes y aporta significativamente al producto nacional bruto, enfrenta serios desafíos como incumplimientos de plazos, sobrecostos y problemas de calidad, siendo la baja productividad laboral un aspecto crítico. El retrabajo, que implica corregir actividades mal ejecutadas, afecta directamente el desempeño, los costos y los tiempos de los proyectos. A pesar de su impacto, este problema ha sido subestimado y persiste debido al limitado conocimiento de sus causas fundamentales (Mahamid, 2020).

La productividad laboral es clave en la gestión de proyectos de construcción, ya que impacta en el cumplimiento de plazos y presupuestos. Estimar con precisión las

horas-hombre es un desafío, pues la variabilidad en las tareas afecta directamente los costos. Una adecuada previsión y gestión de la productividad es esencial para mantener los cronogramas y presupuestos. Sin embargo, la falta de estudios detallados sobre este tema destaca la necesidad de investigar sus factores para evaluar la eficiencia en los proyectos (Tolga, 2025).

La mano de obra constituye un elemento clave en los proyectos de construcción, representando entre el 30% y el 50% del costo total. Sin embargo, la baja productividad laboral sigue siendo un obstáculo crítico para alcanzar los objetivos de tiempo, costo y calidad. Al ser una industria altamente dependiente de la mano de obra, cualquier deficiencia en su desempeño impacta directamente en el éxito financiero de los proyectos. La situación se agrava considerando el peso económico de este sector, donde la evaluación de la productividad podría traducirse en beneficios a gran escala. No obstante, la falta de una adecuada identificación de los factores que afectan la productividad limita la posibilidad de evaluar los resultados, haciendo urgente la necesidad de intervenir y plantear estrategias efectivas de evaluación. (Mahamid, 2020).

La productividad laboral es esencial para la eficiencia y rentabilidad en los proyectos de construcción. Sin embargo, a diferencia de sectores como la manufactura, la evaluación ha sido lenta debido a la alta dependencia de la mano de obra y la variabilidad de los proyectos. Esta situación ha incrementado el interés por encontrar soluciones que optimicen el rendimiento y permitan desarrollar infraestructuras de forma más eficiente y dentro de los plazos y presupuestos establecidos (Qi et al., 2024).

La productividad laboral en proyectos de construcción está influenciada por diversos factores, como la falta de competencias en la mano de obra, problemas de comunicación, retrasos en los pagos y condiciones laborales deficientes. Otros aspectos importantes son los retrasos en el suministro de materiales, documentación incompleta, tareas mal asignadas y falta de equipos. En proyectos de infraestructura como la construcción de puentes, también influyen factores de diseño, ejecución, condiciones externas, aspectos financieros, gestión de seguridad, y supervisión. Estos factores técnicos, humanos y organizativos muestran la complejidad del problema, destacando la necesidad de un enfoque integral para evaluar la productividad en la construcción (Mahamid, 2020).

Diversos estudios señalan que la productividad laboral en construcción se ve afectada por factores como la escasez de materiales, equipos ineficientes, mala planificación, inexperiencia de supervisores, retrasos en inspecciones y necesidad de

correcciones. También influyen los retrasos en pagos, condiciones climáticas adversas, deficiencias en el sitio de obra, falta de supervisión, equipos obsoletos y mala gestión. En proyectos públicos, la inestabilidad política, órdenes de cambio frecuentes y la pobre coordinación entre diseñadores agravan aún más el problema (Mahamid, 2020).

En la construcción, la mano de obra es un factor clave, ya que muchos proyectos dependen intensivamente del trabajo humano. La productividad laboral es esencial para el éxito, pero su bajo nivel sigue siendo uno de los principales problemas del sector. Dado que una baja productividad impacta directamente en la rentabilidad, generando sobrecostos y retrasos. Alcanzar una productividad adecuada sigue siendo un desafío crítico para el éxito de los proyectos (Karatas y Budak, 2023).

El sector de la construcción enfrenta un desafío en la medición precisa de la productividad laboral, ya que las tareas repetitivas y manuales de los trabajadores dificultan un monitoreo adecuado. Actualmente, los métodos disponibles son limitados, siendo manuales, subjetivos y poco eficaces para ofrecer datos precisos y oportunos. Esto impide realizar una evaluación integral de la productividad en tiempo real, lo que afecta la toma de decisiones clave en los proyectos.

En las últimas décadas, la productividad de la industria de la construcción ha quedado rezagada frente al sector manufacturero. Las prácticas actuales de gestión de la productividad laboral son manuales, costosas, lentas y propensas a errores, actuando de manera reactiva más que preventiva. Pese a los esfuerzos de investigación, persiste una brecha importante en la capacidad para gestionar de forma precisa, simultánea y eficiente la productividad de varios trabajadores en obra (Konstantinou y Brilakis, 2020).

En los últimos 25 años, el Perú ha experimentado un crecimiento económico positivo. No obstante, la productividad sigue siendo relativamente baja en comparación con las principales potencias mundiales que lideran en áreas como educación, innovación e infraestructura (Acevedo y Aroni, 2021).

En octubre de 2022, la actividad en el sector construcción en Perú creció un 4,2% interanual, impulsada por el avance en diversas obras públicas. En lo que va del año, el sector ha experimentado un aumento del 2,3%, mientras que, en comparación con septiembre, el crecimiento fue del 1,6%. Es importante destacar que el sector construcción contribuye con el 6% al Producto Bruto Interno (PBI) del país (BCRP, 2022). Sin embargo, según datos del INEI, en noviembre de 2023, la actividad en el sector sufrió una caída del 8,1% respecto al mismo mes del año anterior, marcando once meses

consecutivos de declive. A pesar de esta disminución, el sector sigue siendo crucial para la economía peruana (CAPECO, 2023).

Cada año se realizan diversos proyectos de construcción que benefician a cientos de peruanos, pero esto trae consigo una problemática relacionada con la productividad laboral. Según Gomez y Morales (2016), cada actividad de construcción tiene diferentes niveles de productividad, los cuales dependen de la mano de obra. Aunque el instituto CAPECO proporciona guías sobre partidas y productividades, no considera factores geográficos, ambientales y sociales que varían según las regiones del Perú y que afectan significativamente la productividad de los trabajadores. Esta situación impacta directamente en los costos y presupuestos de los proyectos, ya que las obras suelen retrasarse debido a un manejo estandarizado en los análisis de costos unitarios (ACU), donde la productividad es un factor clave.

En este contexto tan diverso, la productividad en la región de Arequipa ha mostrado fluctuaciones en los últimos años. A pesar de contar con una población considerable, la ciudad enfrenta numerosas obras inconclusas, lo que dificulta el desarrollo adecuado de la infraestructura en la región. Este retraso en los proyectos refleja una falta de eficiencia en la ejecución, lo cual impacta negativamente en la calidad de los servicios y en el bienestar de la población (Acevedo y Aroni 2021).

No se ha establecido suficientemente de qué manera la integración de herramientas de planificación del flujo de trabajo (Takt-Time), medición de tiempos operativos (Carta Balance) y validación experta (Delphi) permite explicar, predecir y mejorar los niveles de productividad laboral en este tipo de proyectos. De lo expuesto anteriormente, surge el problema central de la presente investigación, el cual cobra especial relevancia al enfocarse en el análisis de los factores que afectan la productividad laboral en los proyectos de construcción. En este contexto, se busca evaluar el comportamiento de la productividad en función de la aplicación de herramientas de gestión como Takt-Time, Carta Balance y el método Delphi, a fin de generar evidencia sobre su uso en obras por contrata. La investigación pretende aportar al entendimiento del cumplimiento de plazos y costos, así como al desempeño del recurso humano en obra, contribuyendo con información técnica que permita una mejor toma de decisiones en la gestión de proyectos dentro del sector construcción.

Según el “Informe De Obras Públicas Paralizadas En El Territorio Nacional A Marzo”, indica que, de 2572 obras paralizadas 1225 son bajo la modalidad “por contrata”.

Tabla 1

Obras paralizadas por modalidad de ejecución.

Modalidad de Ejecución	Gob. Nacional N°	Costo S/	Gob. Regional N°	Costo S/	Gob. Local N°	Costo S/	Total, N°	%	Total, S/	%
Administración directa	29	211,517,243	80	1,742,753,268	1202	2,227,700,067	1311	51.00	4,181,970,578	9.70%
Por Contrata	331	15,650,489,801	256	7,094,139,766	638	7,376,082,911	1225	47.60	30,120,712,478	69.80%
Por núcleo ejecutor	25	36,384,284	-	-	1	1,142,032	26	1.00	37,526,316	0.10%
Obras por impuestos	2	31,876,928	1	14,425,912	5	109,327,857	8	0.30	155,630,697	0.30%
Asociación Pública Privada	-	-	2	8,667,527,238	-	-	2	0.10	8,667,527,238	20.10%
TOTAL	387	15,930,268,255	339	17,518,846,184	1846	9,714,252,867	2572	100	43,163,367,307	100%

Fuente: Contraloría General de la República (2025).

El número de obras bajo la modalidad “por contrata”, se encuentra en segundo lugar seguido de obras bajo la modalidad “administración directa”, sin embargo, en términos de presupuesto esta representa el 69.8% del total, tomado en dicho informe, por tal razón en esta investigación se consideró que las obras por contrata son un punto clave en el análisis de la productividad laboral (Contraloría General de la República, 2025).

El motivo de las paralizaciones, “incumplimiento de contrato”, se debe al incumplimiento del avance de las metas físicas, por tanto, en esta investigación se tomaron las obras bajo la modalidad “por contrata”, en tercer lugar se tiene al sector “educación” como obra paralizada con avance físico del 90% al 100%, se considera que este sector es uno de los más importantes en el país, de tal modo merece tener un análisis detallado para identificar las causales del incumpliendo, que tienen que ver directamente con los rendimientos de la mano de obra.

Resaltado los proyectos de instituciones educativas ejecutadas en la provincia de Arequipa, se da el problema de los rendimientos los cuales son tomados de forma general, y al ubicarse la provincia de Arequipa en la region costa y sierra, estos varían drásticamente debido a los factores geográficos y humanos. Debiendo tener un contraste sistemático y la integración de herramientas Lean que permitan ajustar el ritmo de trabajo y así tener unos resultados ajustados a la realidad de esta provincia, considerando tiempos improductivos, debiendo disponer de un modelo validado que combine Takt-Time, Carta Balance y juicio experto para evaluar la productividad en este contexto específico.

La población representativa elegida serán todas las instituciones educativas en la provincia de Arequipa. Mientras que la muestra seleccionada debido a la conveniencia y facilidad del acceso a la información serán tres instituciones, dos de ellas ya culminadas y una tercera en etapa de ejecución.

Figura 1

Sectores con obras paralizadas con nivel de avance físico del 90% a 100%**.**

Rango de avance físico del 90% a 100 %			
Sectores	**N.° de obras**	**Costo actualizado S/**	**Saldo de la Inversión S/**
VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	74	1,309,553,227	224,524,210
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	49	518,638,883	142,078,691
EDUCACIÓN	41	205,371,547	56,489,481
AGRICULTURA	35	233,759,911	29,623,391
ENERGÍA Y MINAS	11	30,125,345	19,594,624
SALUD	9	188,565,336	25,039,960
ORDEN PÚBLICO/DEFENSA Y SEGURIDAD	3	22,985,533	1,819,837
CULTURA	3	17,867,302	4,918,827
OTROS SECTORES*	24	113,365,177	44,054,798
Total	**249**	**2,640,232,261**	**548,143,818**

Fuente: Contraloría General de la República (2025).

1.2. Justificación de la investigación

Se propone y valida un modelo de integración secuencial que articula tres métodos con finalidades distintas: planificación del flujo (Takt-Time), medición operativa (Carta Balance) y validación experta (Delphi), generando un enfoque que supera el uso aislado de cada método. Dicha integración aporta datos empíricos contrastados de rendimientos reales en obras educativas de la provincia de Arequipa, los cuales no se limitan a valores estandarizados, sino que distinguen tiempos productivos, contributivos y no contributivos en condiciones locales. Se establece una relación cuantificada entre el ritmo de trabajo planificado (Takt-Time) y el rendimiento medido en campo, permitiendo ajustar los parámetros de planificación a la realidad local.

Se valida mediante consenso experto la pertinencia y aplicabilidad de este enfoque integrado en el contexto de obras por contrata en infraestructura educativa.

Epistemológicamente esta investigación aporta un enfoque que supera la dicotomía entre rendimientos teóricos y rendimientos empíricos, propone que ambos son necesarios y deben articularse mediante un proceso de contraste y validación contextualizada. El conocimiento que se genera no se limita a describir "cuánto se produce", sino a explicar cómo la planificación del flujo y la medición operativa influyen conjuntamente en el rendimiento, y cómo este conocimiento debe ser contextualizado mediante el juicio experto para ser aplicable.

Metodológicamente el aporte radica en la integración secuencial y articulada de tres métodos que en investigaciones previas se aplican de forma aislada o parcial: Takt-Time como herramienta de planificación, Carta Balance como herramienta de medición y Delphi como instancia de validación contextual. Esta secuencia permite que cada herramienta corrija y enriquezca los resultados de la anterior, generando un modelo robusto que reduce las limitaciones de cada herramienta por separado. A diferencia de estudios anteriores que aportan valores aislados o comparaciones simples, esta investigación propone un proceso de conocimiento replicable que permite ajustar los parámetros de planificación a la realidad local de cada contexto

1.2.1. Justificación Teórica:

La presente investigación contribuye al desarrollo teórico en el campo de la gestión de la productividad en obras de construcción, al integrar tres enfoques complementarios: Takt-Time, Carta Balance y el método Delphi. Esta combinación busca generar nuevo conocimiento que fortalezca las bases conceptuales sobre el análisis y la evaluación del rendimiento laboral en proyectos constructivos.

1.2.2. Justificación Práctica:

El estudio ofrece una aplicación directa para los profesionales del sector construcción, al proponer una alternativa viable que aporte una evaluación en la productividad laboral mediante herramientas de planificación, sincronización de procesos y control de proyectos. Permitirá evaluar la eficiencia en campo, evaluar tiempos improductivos y prevenir desviaciones críticas, generando un impacto positivo en la ejecución de proyectos.

1.2.3. Justificación Ambiental:

Desde una perspectiva sostenible, la presente investigación considera la evaluación del uso de los métodos propuestos, de esta forma se obtendrá los tiempos muertos en donde se considera (transporte de material, limpieza, etc.) En este contexto, se analizará cómo la aplicación de herramientas como Takt-Time, Carta Balance y el método Delphi se asocia con variaciones en los tiempos improductivos y en el uso de recursos. De este modo, se busca generar mejor evaluación de la productividad y así un posible aporte para evitar el uso indiscriminado de materiales.

1.2.4. Justificación Económica:

La presente investigación aborda la productividad de la mano de obra desde la integración de metodologías como Takt-Time, Carta Balance y Delphi,

con el fin de analizar su relación con la eficiencia operativa y la calidad en la ejecución de las partidas. En este contexto, el estudio busca generar evidencia que permita identificar indirectamente posibles implicancias en los costos de los proyectos, considerando que variaciones en la productividad pueden influir en el uso de recursos y en los tiempos de ejecución. De este modo, los resultados podrían aportar información relevante para la toma de decisiones de contratistas y propietarios en la gestión económica de obras.

1.2.5. Justificación Tecnológica:

El estudio contribuirá en comprender mejor el uso de nuevas metodologías como la Carta Balance y Takt time, lo que podría incentivar una mayor adopción de estas tecnologías en el sector de la construcción en el Perú. Además, dicha integración tecnológica puede llegar a impulsar la innovación en el campo de la construcción sostenible.

1.2.6. Justificación Social:

La presente investigación aborda la productividad laboral en proyectos de construcción desde una perspectiva social, considerando su relación con aspectos como el cumplimiento de plazos, la organización del trabajo y la carga laboral del personal. En este contexto, se analizará cómo la aplicación de herramientas de gestión del tiempo y de proyectos, como Takt-Time, Carta Balance y el método Delphi, se vincula con las condiciones de trabajo en obra. De este modo, el estudio busca generar evidencia que permita comprender posibles implicancias en la eficiencia de procesos constructivos y el entorno laboral del personal técnico y operario involucrado.

1.2.7. Utilidad metodológica:

El valor metodológico de esta investigación radica en el enfoque mixto utilizado, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, así como en la articulación de herramientas de gestión contemporáneas como Takt-Time, Carta Balance y el método Delphi. Esta estructura puede ser replicada en futuros estudios similares, sirviendo como referencia para investigaciones orientadas al análisis y evaluación de procesos constructivos desde una perspectiva integradora.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general.

La integración de los métodos Takt-Time y Carta Balance, validada por el método Delphi se asocia con variaciones en la productividad laboral en las partidas más incidentes de la ruta crítica en obras por contrata, en este caso para instituciones educativas, permitiendo su evaluación comparativa entre distintos escenarios de aplicación, específicamente entre tres proyectos de instituciones educativas, y así se probará la relación entre variables de forma descriptiva comparativa.

La integración secuencial de estos tres métodos constituye un modelo metodológico que permite medir, explicar y mejorar significativamente los niveles de productividad laboral, al reducir la brecha entre los rendimientos teóricos y los rendimientos reales observados en campo, de esta forma se obtendrá rendimientos reales los cuales se procederá a comparar con los teóricos usados en expedientes.

1.3.2. Hipótesis específicas.

- H1: La variación de la productividad laboral en obras de instituciones educativas por contrata en Arequipa pueden ser identificados, priorizados y consensuados mediante la integración de nuevas metodologías como son Takt–Time y Carta Balance, las cuales son validadas con el método Delphi, permitiendo establecer las variables críticas que explican las variaciones de rendimiento en este contexto.
- H2: La aplicación combinada de Takt-Time y Carta Balance permite establecer una relación medible entre el ritmo de trabajo planificado y los tiempos realmente dedicados a actividades productivas, contributivas y no contributivas, explicando las desviaciones en la productividad laboral
- H3: El modelo integrado que combina medición en campo y validación experta permite reducir la brecha entre los rendimientos teóricos estandarizados y los rendimientos reales, constituyendo una herramienta eficaz para la mejora de la productividad laboral en obras educativas por contrata.

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Integrar Takt-Time y Carta Balance, validados mediante el método Delphi, para evaluar la productividad laboral en obras por contrata en Instituciones educativas en la provincia de Arequipa.

1.4.2. Objetivos específicos

- O1: Evaluar la variación de la productividad laboral mediante la integración de nuevas metodologías Takt–Time y Carta Balance, en proyectos de instituciones educativas bajo la modalidad de contrata, siendo aplicado el método Delphi a expertos con experiencia en la ejecución de estas infraestructuras.
- O2: Integrar las metodologías de Takt-Time y Carta Balance, validadas mediante el método Delphi, para analizar su aplicación en la gestión de la productividad de la mano de obra en las partidas más incidentes de obras por contrata de instituciones educativas, considerando dos proyectos culminados y uno en etapa de ejecución.
- O3: Comparar los resultados obtenidos mediante un enfoque retroactivo en dos proyectos culminados con los resultados del proyecto en ejecución que incorpora activamente los métodos Takt-Time y Carta Balance, a fin de identificar diferencias en el comportamiento de la productividad laboral y el control de procesos.

1.5. Variables e indicadores

1.5.1. Variables

Variable Independiente: Integración metodológica de Takt-Time y Carta Balance, validada por el método Delphi.

Para los investigadores (Hernández y Vizán, 2016) el método Takt-Time permite establecer el ritmo de producción, facilitando la identificación de posibles retrasos o adelantos en los procesos. Por su parte, la Carta Balance es una herramienta de planificación que permite distribuir las actividades de los trabajadores en función al tiempo disponible (Flores y Ramos, 2018). Finalmente, el método Delphi es una técnica orientada a la obtención de consenso entre expertos mediante la recopilación sistemática de sus opiniones y criterios (Gil y Ramos, 2023).

Variable dependiente: Productividad laboral

Según (Tello, 2016), en el sector construcción, la productividad laboral se refiere a la relación entre el avance de obra y las horas-hombre utilizadas, lo que permite medir la eficiencia con que se transforma la mano de obra en resultados concretos. Este indicador se ve influido por factores como el rendimiento programado, las unidades trabajadas y el cumplimiento de metas, siendo esencial para evaluar el desempeño de los trabajadores. Asimismo, el autor resalta que una alta productividad depende de lograr un equilibrio entre eficiencia, el uso adecuado de los recursos y efectividad, el cumplimiento

de los objetivos establecidos, lo cual impacta directamente en el éxito del sistema productivo en construcción.

Desde el punto de vista teórico de la gestión de operaciones y Lean Construction, la productividad laboral mejora cuando se reduce la variabilidad y se sincroniza el flujo de trabajo. El modelo propuesto influye en la productividad mediante tres mecanismos teóricos:

- Identificación de factores que afectan la productividad: El método Delphi incorpora el conocimiento tácito acumulado por expertos, permitiendo ajustar los criterios teóricos a las condiciones reales del contexto.
- Eliminación de desperdicios por medición sistemática: La Carta Balance permite identificar y cuantificar los tiempos no contributivos, que constituyen desperdicio según la filosofía Lean. Al hacerlo visible y medible, se convierte en objeto de mejora.
- Reducción de la variabilidad por planificación sincronizada: El Takt-Time establece un ritmo constante, reduciendo desequilibrios y tiempos de espera entre actividades. Al alinear la capacidad con los plazos, se mejora la eficiencia teórica.

En conjunto, la integración metodológica opera como un sistema de retroalimentación a través de una planificación basada en estándares con un contraste empírico en campo que viene con un ajuste contextualizado por expertos, lo que reduce progresivamente la brecha entre lo planificado y lo real, y por tanto mejora la productividad laboral. Esta relación no es meramente procedimental, sino que responde a principios teóricos comprobados de gestión de la producción y mejora continua.

1.5.2. Indicadores

Los indicadores considerados en la presente investigación se organizan en dimensiones específicas, las cuales permiten estructurar el análisis de la productividad laboral en proyectos de carácter educativo bajo la modalidad de contrata. Estas dimensiones facilitan la medición y evaluación de distintos aspectos del desempeño de la mano de obra, permitiendo identificar variaciones en la productividad y analizar su comportamiento en función de las condiciones de ejecución de obra.

a. Planificación del flujo de trabajo

Para esta dimensión, se evalúa el Takt-Time como una herramienta que planifica el ritmo de producción necesario para cumplir con los tiempos establecidos de una obra. La finalidad del Takt-Time es establecer un flujo de trabajo constante y predecible para

que esté sincronizado con la capacidad del proyecto y de la mano de obra. Sus indicadores son los siguientes:

- **Determinación del Takt-Time por actividad:** Este indicador calcula el tiempo exacto que debe durar cada actividad para lograr un ritmo de producción equilibrado, evitando sobrecargas de trabajo y tiempos muertos.
- **Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time:** Evalúa si las actividades se están ejecutando dentro del tiempo planificado, comparando el ritmo real con el ritmo proyectado.
- **Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones:** Mide la capacidad de mantener una secuencia continua de trabajo sin retrasos ni pausas innecesarias entre actividades o cuadrillas, que retrasen el avance del mismo.
- **Programación entre tiempo programados y ejecutados:** Se evalúan los porcentajes de los trabajos contributivos y no contributivos en las actividades seleccionadas.

b. Evaluación de productividad y balance operativo

Esta es una herramienta gráfica que permite registrar y clasificar las actividades de una cuadrilla según su contribución directa o indirecta a la producción mediante la Carta Balance. Esta dimensión permite identificar pérdidas de tiempo, evaluar eficiencia operativa y redistribuir adecuadamente los recursos humanos en cada actividad proyectada. Los indicadores de esta dimensión son los siguientes:

- **Porcentaje de trabajo productivo:** Este indicador alude al tiempo que un trabajador dedica directamente a tareas que generan un avance físico en obra.
- **Porcentaje de trabajo contributivo:** Mide el tiempo invertido en actividades que, aunque no producen un avance directo como tal, son necesarias para preparar o facilitar la ejecución de las mismas.
- **Porcentaje de trabajo no contributivo:** Evalúa las pérdidas de tiempo relacionadas con actividades innecesarias o mal gestionadas, como

traslados no planificados o tiempos muertos durante las actividades del proyecto.

c. Validación y ajuste mediante juicio de expertos

Esta dimensión se basa en la aplicación de encuestas, formularios, ronda de preguntas, etc. Con estas herramientas se llega a identificar las diferentes respuestas y criterios de los expertos. Los indicadores de Delphi son:

- **Selección de expertos:** Este indicador permite identificar y evaluar la participación de profesionales con experiencia y conocimiento en planificación, productividad y gestión de proyectos de construcción, garantizando que las opiniones recopiladas provengan de expertos competentes y relacionados con el objeto de estudio.
- **Número de rondas Delphi aplicadas:** Este indicador permite medir la cantidad de iteraciones realizadas durante el proceso Delphi, con la finalidad de recopilar, contrastar y refinar las opiniones de los expertos hasta alcanzar resultados más consistentes y consensuados.
- **Nivel de consenso alcanzado:** Este indicador permite determinar el grado de coincidencia entre las opiniones emitidas por los expertos respecto a la integración metodológica propuesta, evaluando la aceptación y validación de los criterios técnicos planteados.
- **Tratamiento de desacuerdos:** Este indicador permite identificar y analizar las diferencias de opinión presentadas entre los expertos durante las rondas Delphi, facilitando la reformulación, aclaración o ajuste de criterios técnicos para evaluar la consistencia de los resultados obtenidos.
- **Criterio de cierre Delphi:** Este indicador permite establecer las condiciones necesarias para finalizar el proceso Delphi, considerando aspectos como la estabilidad de las respuestas, el nivel de consenso alcanzado y la ausencia de variaciones significativas entre rondas consecutivas.

d. Rendimiento del personal:

La dimensión referente al personal y su rendimiento y cómo este repercute directamente el desempeño de los trabajadores en campo, valorando su capacidad para

cumplir con las metas asignadas en tiempo y forma. Es uno de los pilares clave en la productividad de una obra.

- **Volumen de trabajo ejecutado por jornada:** Este indicador refleja la cantidad de unidades construidas o avance logrado por cada uno de los trabajadores en una jornada típica.
- **Tareas completadas vs. tareas programadas:** Para este indicador se compara el número de actividades planificadas al inicio del proyecto con las que realmente se ejecutaron, permitiendo detectar desviaciones o brechas de rendimiento.

e. Uso eficiente del tiempo:

En la dimensión lo referente al uso eficiente del tiempo, este permite maximizar el aprovechamiento del recurso humano. Este campo busca evaluar tiempos improductivos y garantizar que cada jornada laboral sea aprovechada al máximo durante las horas de trabajo.

- **Horas efectivas trabajadas vs. horas totales disponibles:** Determina el porcentaje real de tiempo útil durante la jornada, descontando los tiempos improductivos o de espera.
- **Evaluación del tiempo en actividades no contributivas:** Mide el éxito de las estrategias implementadas para disminuir tareas innecesarias que no aportan valor directo al proyecto.

f. Cumplimiento del cronograma:

Esta dimensión se enfoca en medir el grado en que la ejecución real del proyecto se ajusta al cronograma previsto, lo cual es crucial para evitar sobrecostos y retrasos contractuales, respetando así los tiempos programados durante la vida útil del proyecto.

- **Comparación entre tiempos estimados y reales:** Este indicador evalúa las desviaciones entre la planificación inicial y la ejecución real de las actividades.
- **Avance físico acumulado vs. programado:** Mide si el avance físico de la obra se encuentra alineado con la curva S o planificación general.

- **Número de actividades reprogramadas o retrasadas:** Indica cuántas tareas han sido modificadas respecto al plan inicial, revelando problemas en planificación o ejecución.

Tabla 2.

Dimensiones e indicadores empleados en el proyecto

DIMENSIONES	INDICADORES
Planificación del flujo de trabajo	Determinación del tiempo Takt por actividad
	Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y ritmo de producción
	Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones
Evaluación de productividad y balance operativo	Porcentaje de trabajo productivo
	Porcentaje de trabajo contributivo
	Porcentaje de trabajo no contributivo
	Programación entre tiempos programados y ejecutados
Validación y ajuste mediante juicio de expertos	Selección de expertos
	Número de Rondas Delphi aplicadas
	Nivel de consenso alcanzando
	Tratamiento de desacuerdos
	Criterio de cierre Delphi
Rendimiento del personal	Volumen de trabajo ejecutado por jornada
	Tareas completadas vs tareas programadas
Uso eficiente del tiempo	Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles
	Evaluación del tiempo en actividades no contributivas
Cumplimiento del cronograma	Comparación entre tiempos estimados y reales
	Avance físico acumulado vs programado
	Número de actividades reprogramadas o retrasadas

Nota. Se muestra las 6 dimensiones y sus indicadores respectivos. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

2.1.1 Internacionales

Calik et al. (2025), el estudio titulado "Guía de gestión de proyectos del ciclo de vida para evaluar la productividad laboral en proyectos de construcción en Turquía" se centró en abordar las bajas tasas de productividad laboral en la industria de la construcción turca, un sector altamente dependiente de la mano de obra. A pesar del creciente interés académico y profesional, persisten deficiencias que afectan negativamente al tiempo, costo, calidad, uso eficiente de recursos e impactos ambientales de los proyectos. La investigación tuvo como objetivo desarrollar un marco de gestión de proyectos basado en las fases del ciclo de vida de la productividad en obra. Para ello, se profundizó una revisión bibliográfica exhaustiva, sesiones de discusión para definir fases críticas, un análisis jerárquico difuso (AHP) para priorizar proyectos y entrevistas semiestructuradas con expertos del sector. Se identificaron nueve fases clave del ciclo de vida de la productividad, entre ellas: la preparación del sitio, la ejecución del trabajo, el registro y análisis de productividad, y el cierre del proyecto. Los proyectos más críticos estuvieron relacionados con deficiencias en la comunicación, supervisión, coordinación, claridad técnica y cambios imprevistos. Como resultado, el estudio propuso medidas correctivas como la capacitación constante, el uso de tecnologías adecuadas y la implementación de canales de comunicación abiertos. Se concluyó que abordar la productividad desde un enfoque integral y por etapas permite una mejor toma de decisiones y la evaluación sostenible del desempeño laboral en la construcción.

Hashiguchi et al. (2020), la investigación titulada "Influencia de las motivaciones intrínsecas y extrínsecas en el desempeño de los trabajadores de la construcción según la edad", realizada en una empresa constructora japonesa, analizó cómo la motivación y los proyectos para la salud afectan la productividad laboral, diferenciando entre trabajadores jóvenes (45 años o menos) y adultos mayores (46 años o más). Este estudio surgió ante el incremento del estrés físico y psicológico generado por la creciente complejidad tecnológica en la industria de la construcción. Mediante la aplicación de cuestionarios a 324 trabajadores, se construyó un modelo hipotético para explorar las percepciones laborales, considerando factores como la salud, motivación (tanto intrínseca como extrínseca), habilidades laborales y desempeño percibido. Los resultados evidenciaron que, si bien ambos grupos son influidos por motivaciones internas (interés, satisfacción personal) y externas (recompensas, reconocimiento), su impacto varía según la edad. En

el caso de los trabajadores mayores, los proyectos para la salud redujeron su motivación intrínseca y afectaron negativamente su rendimiento. En cambio, los trabajadores jóvenes no mostraron disminución en su motivación ni desempeño percibido frente a dichos proyectos. El estudio concluye que entender y gestionar adecuadamente estas diferencias puede evaluar la productividad en obra. Se sugiere el monitoreo constante de indicadores de salud como el IMC y la frecuencia cardíaca, así como estrategias personalizadas de motivación. En general, el trabajo aporta a la gestión de recursos humanos en proyectos de construcción, proponiendo acciones diferenciadas para fortalecer el bienestar y el rendimiento laboral, y evitar fenómenos como la jubilación prematura.

Konstantinou y Brilakis (2020), en su estudio titulado "Monitoreo de la productividad laboral en la construcción mediante un enfoque de tecnología inteligente" aborda una problemática persistente en la industria de la construcción: el rezago en la productividad respecto a otros sectores como el manufacturero. A diferencia de las prácticas actuales, que son reactivas, demandan mucha mano de obra, son costosas y propensas a errores; esta investigación propone un método innovador y proactivo basado en visión artificial y análisis de trayectorias para monitorear simultáneamente la productividad de múltiples trabajadores en obra. El enfoque consiste en capturar trayectorias tridimensionales (3D) de los trabajadores mediante cámaras y clasificarlas en ciclos de trabajo que combinan movimientos y detenciones. Este modelo logra identificar con una precisión del 84 % el tiempo de trabajo directo invertido en tareas como fijación de acero y electricidad, sin necesidad de conocer previamente el tipo de labor que realizan los operarios. Además, permite detectar ineficiencias y posibles problemas de gestión observando trayectorias anormales, lo cual representa una alternativa moderna a los tradicionales diagramas de espagueti. El método fue validado con datos reales en obras de construcción y alcanzó métricas destacables: 81 % de precisión, 90 % de recuperación y 85 % de exactitud en la detección de ciclos de trabajo. No obstante, presenta algunas limitaciones, como la confusión entre tiempo de espera y tiempo productivo, la dependencia de solo dos cámaras para el análisis, y la incapacidad de evaluar tareas de traslado de materiales, donde el movimiento representa la actividad principal. Este estudio demuestra el potencial del uso de tecnologías inteligentes para evaluar la gestión de la productividad laboral en construcción, ofreciendo una herramienta objetiva, precisa y eficiente para la toma de decisiones. Además, sienta las bases para futuras investigaciones que mejoren la interpretación de los datos capturados mediante análisis de postura y categorización automatizada de tareas.

Sarmento y Ribeiro (2021), en su estudio titulado “Factores que afectan la productividad de la construcción en Brasil: comparación con investigaciones internacionales recientes” analiza los principales elementos que influyen en la productividad laboral dentro del sector de la construcción, considerando tanto el contexto brasileño como una perspectiva internacional. La productividad en obra es clave para cumplir con plazos y presupuestos, por lo que conocer qué factores la afectan resulta vital para evaluar la eficiencia del sector. La investigación identificó un total de 56 factores que afectan la productividad, agrupados en cuatro categorías: gerenciales, laborales, tecnológicos y externos. Estos factores fueron priorizados según su índice de importancia. Los de mayor impacto pertenecen al grupo gerencial e incluyen: mala gestión de materiales, falta de liderazgo del jefe de obra e ineficiencia en la supervisión. También se destacan aspectos como las huelgas y la falta de herramientas como factores externos y tecnológicos que inciden en el rendimiento. El estudio encontró una distribución relativamente equilibrada entre los distintos grupos de factores, aunque el grupo gerencial demostró tener mayor peso en el desempeño productivo de los proyectos en Brasil. Asimismo, al comparar los resultados con investigaciones internacionales, se evidenció una coincidencia razonable, aunque algunas diferencias pueden explicarse por condiciones sociales, políticas y geográficas propias del país. Finalmente, se recomienda profundizar en factores específicos donde se encontraron discrepancias con estudios globales, como la insatisfacción laboral, la experiencia del personal y el clima, y cuantificar el impacto real de cada factor. Esto permitiría incorporarlos de manera más precisa en la planificación de futuros proyectos y evaluar así los desvíos en costo y tiempo.

Mahamid (2020), en su estudio titulado “Estudio de la relación entre el retrabajo y la productividad laboral en proyectos de construcción de edificaciones” analiza cómo el retrabajo afecta directamente la productividad en obras de construcción, tomando como base datos empíricos de 40 proyectos ejecutados en Cisjordania, Palestina. El objetivo central fue identificar los factores clave que impactan la productividad laboral, las causas del retrabajo y la relación cuantitativa entre ambos mediante modelos de regresión. El enfoque metodológico consistió en dos etapas de encuestas por cuestionario: la primera permitió identificar los factores que afectan la productividad y las principales causas del retrabajo; la segunda etapa abordó el impacto específico del retrabajo en la productividad. Posteriormente, se desarrollaron tres modelos predictivos basados en análisis de regresión que describen esta relación en actividades específicas como la yesería, albañilería y

colocación de cerámica. Los resultados revelan que los principales factores que afectan la productividad laboral son la falta de experiencia de los trabajadores y supervisores, retrasos en los pagos, escasez de materiales y la existencia de retrabajos por errores laborales. Por otro lado, las causas más frecuentes del retrabajo incluyen la baja calificación del personal, el incumplimiento de especificaciones, las órdenes de cambio frecuentes, la planificación deficiente y la falta de integración entre las partes del proyecto. Los modelos desarrollados muestran una relación inversa entre el costo del retrabajo y la productividad laboral: a mayor retrabajo, menor rendimiento. Esta correlación fue validada mediante el coeficiente de Spearman ($r = 0,82$ para productividad y $r = 0,78$ para retrabajo), lo que respalda la consistencia y confiabilidad de los resultados. Finalmente, el estudio recomienda acciones concretas para evaluar el retrabajo y evaluar la productividad, como la capacitación técnica y gestión para los trabajadores, claridad en las especificaciones desde la licitación, evalúa en la coordinación temprana entre los actores del proyecto y cumplimiento en los pagos. Esta investigación representa un aporte valioso para la gestión eficiente de obras en contextos similares.

Maceika et al. (2024), en el estudio titulado "Evaluación de proyectos de construcción de viviendas modulares: Un método Delphi mejorado por IA conversacional" abordó la necesidad de establecer parámetros críticos para evaluar la sostenibilidad y eficiencia en la construcción modular. La investigación tuvo como objetivo identificar y cuantificar los factores clave que influyen en la selección de proyectos de viviendas modulares y explorar cómo herramientas de inteligencia artificial, pueden complementar el juicio experto. Para ello, se empleó la metodología Delphi para definir criterios de evaluación y se integró la inteligencia artificial para formular descripciones detalladas de las escalas de valoración. Como resultado, se desarrolló una matriz de evaluación estandarizada que fue validada por expertos, demostrando que las herramientas inteligentes pueden proporcionar resultados de alta calidad comparables a los humanos. Se concluyó que la combinación del método Delphi con herramientas tecnológicas avanzadas robustece el proceso de toma de decisiones y facilita la evaluación objetiva de proyectos complejos.

Kozlovská y Klosova (2022), en su investigación sobre la "Influencia de la planificación Takt Time en la eficiencia de la construcción", las autoras exploraron cómo la creación de flujos de trabajo continuos evalúa la variabilidad en los procesos de obra. El objetivo principal fue analizar la aplicación práctica del Takt Time y su impacto en la productividad mediante el análisis de casos de estudio. La metodología consistió en una

revisión bibliográfica exhaustiva y el examen de proyectos donde se implementó este ritmo de trabajo impulsado por la demanda. Los resultados indicaron que el Takt Time ayuda a establecer un flujo constante, reduciendo drásticamente el desperdicio, la duración de los proyectos y la necesidad de inventarios intermedios. El estudio concluyó que, aunque requiere un esfuerzo significativo en la fase de planificación, la metodología es una innovación de proceso fundamental para evaluar la producción en la industria de la construcción.

Tommelein y Emdanat (2022), en el trabajo titulado "Planificación Takt: Un facilitador para la construcción Lean" se centraron en demostrar que esta herramienta no es solo para programar, sino que constituye un marco para aplicar otros métodos Lean. La investigación tuvo como objetivo mostrar cómo el Takt informa sobre cuándo y dónde aplicar herramientas como la identificación de cuellos de botella y la estandarización de procesos. Mediante una metodología de investigación-acción en un proyecto de oficinas médicas, se observaron intervenciones directas en la logística y ejecución del flujo de trabajo. Se identificaron beneficios críticos en la coordinación de modelos 3D y en la toma de decisiones de los propietarios al ritmo de la producción. Se concluyó que la planificación Takt sirve como base para el esfuerzo de mejora continua, permitiendo a los equipos reaccionar ante variaciones de manera proactiva.

Lehtovaara et al. (2022a), en el artículo "Combinando la toma de decisiones descentralizada y la producción Takt para aumentar el flujo de producción", los autores examinaron la integración de los trabajadores de primera línea en los procesos de control de obra. El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de delegar responsabilidades de decisión en equipos de sitio dentro de un marco de trabajo Takt. La metodología empleó el diseño de ciencia de la investigación (DSR) y un estudio de caso único en una planta industrial, apoyado por 17 entrevistas semiestructuradas y seguimiento de recursos. Los resultados mostraron ahorros del 23% en la duración de la fase de producción y una utilización más estable de las cuadrillas. Se concluyó que la descentralización mejora el compromiso y la comunicación, aunque su éxito total requiere un cambio cultural y capacitación constante para que los gerentes actúen como facilitadores.

Lehtovaara et al. (2022b), el estudio "Cómo puede fallar un plan Takt: Aplicando el Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) en el control Takt" investigó la vulnerabilidad de estos sistemas ante interrupciones inesperadas. El objetivo fue construir un marco de control efectivo que permitiera recuperar el ritmo de producción tras una falla. La investigación utilizó la lógica del FMEA para categorizar fallas en tres niveles:

dentro de los vagones, en los traspasos y en los trenes Takt. Se identificaron causas raíz como la falta de información de diseño o la mala coordinación de fases, proponiendo contramedidas como el uso de capacidad de reserva (standby capacity). Se concluyó que el uso de este marco proporciona un camino sistemático para el aprendizaje organizacional y el alcance de mayores niveles de madurez en la implementación de metodologías Lean.

Wandahl et al. (2023), en su investigación titulada "Efecto de las reuniones diarias (Daily Huddles) en la productividad de la cuadrilla", los autores analizaron la relación entre la gestión visible y el trabajo productivo. El objetivo fue determinar cómo el tiempo dedicado por el gerente de sitio en estas reuniones influye en la eficiencia matutina de los trabajadores. La metodología se basó en el muestreo de trabajo (Work Sampling) comparando dos casos: uno con reuniones diarias y otro sin ellas. Los resultados revelaron una diferencia notable, donde el grupo con reuniones diarias alcanzó niveles de Trabajo Directo (DW) significativamente más altos y estables. Se concluyó que las reuniones cortas de 5 a 20 minutos mejoran la alineación del equipo, resuelven problemas rápidamente y evalúan las pérdidas de tiempo al inicio de la jornada.

Toledo et al. (2025), el estudio titulado "Uso de visión computacional y detección de objetos para medir la productividad mediante Cartas Balance de equipo" exploró el uso de inteligencia artificial para monitorear el desempeño en tiempo real. La investigación tuvo como objetivo evaluar el tiempo de elaboración de las Cartas Balance y aumentar la objetividad en la medición de tiempos productivos y contributivos. Para ello, se entrenó el algoritmo YOLOv5 con 1,500 imágenes de instalaciones de encofrado, categorizando posturas corporales según una taxonomía definida. Los resultados experimentales alcanzaron una precisión promedio superior al 85%, identificando con éxito el trabajo productivo en campo. Se concluyó que esta metodología automatizada es una herramienta valiosa para la toma de decisiones basada en datos, permitiendo a los administradores de obra evaluar recursos y evaluar el trabajo no contributivo de manera eficiente.

2.1.2 Nacionales

Sari Bustos (2025) plantea en su estudio titulado “Aplicación de la Metodología PMBOK en la Construcción de un Parque Recreacional – Moche para Mejorar la Productividad de la Obra” que tuvo como objetivo aplicar la metodología PMBOK en la construcción de un parque recreacional en el distrito de Moche, con el fin de evaluar la productividad de la obra mediante una gestión integral y efectiva de los recursos. Frente

a una problemática recurrente en proyectos similares, como la deficiente coordinación, incumplimiento de plazos y una gestión ineficiente de costos y proyectos, se planteó un estudio de casos basado en cuestionarios estructurados procesados estadísticamente con el software SPSS y validados mediante la Prueba Chi Cuadrado. La población estuvo compuesta por 50 personas, entre gestores y operarios, seleccionándose una muestra de 45 participantes mediante muestreo no probabilístico. La aplicación del método del Valor Ganado (EVM) permitió evidenciar mejoras significativas, como un EV acumulado de $2,894,602.69 frente a un AC acumulado de $2,850,000.00, arrojando un CPI de 1.016 y un SPI de 1, indicadores que reflejan un control eficiente del costo y un cumplimiento programático óptimo. Se concluyó que la aplicación de los procesos del PMBOK fortaleció la coordinación de actividades, permitió una gestión proactiva de proyectos, aseguró el cumplimiento de los plazos, y optimizó el uso de recursos, contribuyendo al éxito y sostenibilidad del proyecto, minimizando retrabajos, costos adicionales e imprevistos.

Fernández Ramos (2021) en su estudio titulado “Estudio de la Productividad de la Mano de Obra en Edificaciones en la Ciudad de Chiclayo” tuvo como objetivo evaluar la productividad de la mano de obra en las obras de edificación en la ciudad de Chiclayo, distribuyendo el trabajo en cuatro subtipos (TP, TC, TNC, DA), y determinar las causas que generan pérdidas en la productividad, proponiendo la mejora mediante la implementación de herramientas Lean. El problema principal abordado en la investigación fue la baja productividad en las obras de edificación, influenciada por la falta de herramientas de control eficientes y el desconocimiento de nuevas tecnologías en construcción. Para esto, se realizaron observaciones detalladas en las partidas más representativas de las estructuras como encofrado, acero y concreto de elementos estructurales, las cuales tienen un gran impacto en los costos y tiempos del proyecto. En el proceso, se utilizó la técnica de observación directa en obra y análisis de cartas balance, lo cual permitió conocer el rendimiento real de las cuadrillas de trabajo y las deficiencias en la planificación. Como resultado, se determinó que el nivel de productividad promedio en las obras ejecutadas con planificación tradicional fue bajo (TP = 46.37%, TNC = 19.35%, TC = 34.28%), lo que indica la presencia de importantes pérdidas de tiempo y recursos. Además, se identificaron las principales causas de la baja productividad, como la falta de supervisión constante, la rotación de trabajadores no calificados y la informalidad en la construcción. Las conclusiones destacaron que la implementación de herramientas Lean, como la Carta Balance, podría evaluar significativamente la

productividad, evaluando la planificación y reduciendo los costos. Se concluyó también que la falta de conocimiento y la desconfianza en las herramientas Lean en el ámbito local son barreras que dificultan su adopción, aunque su efectividad ha sido probada en grandes empresas nacionales. Finalmente, se recomendó que los profesionales involucrados en los proyectos de construcción en Chiclayo implementen estas herramientas para mejorar el control de los tiempos, el presupuesto y la eficiencia de las obras.

Lázaro y Valenzuela (2019) en su estudio titulado "Índices de Productividad de la Mano de Obra con la Aplicación de la Carta Balance en Ocho Obras Viales de Lima Metropolitana 2019" tuvo como objetivo determinar los índices de productividad de la mano de obra en ocho obras viales ejecutadas en Lima Metropolitana, mediante la aplicación de la herramienta Carta Balance, una metodología propia del enfoque Lean Construction, la cual permite controlar y evaluar periódicamente el desempeño del recurso humano en obra. El problema abordado radica en el bajo crecimiento de la productividad en el sector construcción en los últimos años, especialmente en la gestión ineficiente de la mano de obra, que impacta directamente en los plazos y avances de ejecución. Por ello, se enfocó el análisis en este recurso clave, utilizando como técnica principal la observación y el registro sistemático de tiempos laborales clasificados como trabajo productivo (TP), contributivo (TC) y no contributivo (TNC). Los resultados obtenidos al aplicar la Carta Balance evidenciaron que el promedio general fue de 41.20 % de TP, 26.43 % de TC y 32.37 % de TNC, ubicándose dentro del rango esperado según la hipótesis de investigación. En conclusión, se comprobó que la Carta Balance es una herramienta eficaz para visualizar y mejorar la gestión del recurso humano en obras viales, permitiendo identificar pérdidas y orientar acciones de mejora continua, por lo que se recomienda su aplicación sistemática en proyectos similares para elevar los índices de productividad y eficiencia en el sector.

Buendia (2023) en su investigación titulada "Influencia de la Implementación de Cartas Balance en el Índice de Productividad en las Partidas de Encofrado y Concreto en la Construcción del Reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023" se desarrolló con el objetivo de determinar la influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad (IP) de las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, en Oropesa – 2023, ante una problemática recurrente de ineficiencia en la gestión de recursos y tiempos prolongados de ejecución. Bajo un enfoque cuantitativo y diseño preexperimental longitudinal, se aplicó la Carta Balance como herramienta de la filosofía Lean Construction, permitiendo clasificar y analizar las

actividades laborales según su aporte productivo. La muestra estuvo conformada por 6 trabajadores en encofrado y 10 en concreto. Los resultados evidenciaron un aumento significativo en el IP: en encofrado se alcanzó un índice de 2.73 (un 173 % por encima de lo esperado) con una evaluación del 44.83 %, mientras que en concreto se logró un IP de 2.53, superando las expectativas en un 153 %, con una evaluación del 20.48 %. Además, se logró evaluar el tiempo de trabajo no contributivo en un 18 % y 12 %, respectivamente. En términos económicos, la aplicación de la Carta Balance generó un ahorro total de S/ 31,109.40, equivalente al 21.66 % del presupuesto proyectado. En conclusión, se verificó que la implementación de la Carta Balance es una estrategia eficaz para evaluar la productividad y evaluar recursos humanos y económicos en proyectos de infraestructura.

2.1.3 Locales

Elias (2020) El estudio titulado "Propuesta de diseño para optimizar la productividad a través de herramientas Lean Manufacturing en el proceso productivo de una fábrica de calzado" tuvo como objetivo desarrollar una propuesta de diseño orientada a evaluar la productividad en una fábrica de calzado, utilizando herramientas del enfoque Lean Manufacturing. Se aplicó una metodología hipotético-deductiva con un enfoque descriptivo, abarcando todos los procesos involucrados en la fabricación de calzado. El diagnóstico de la situación actual reveló diversos problemas que afectaban directamente la productividad, tales como: supervisión deficiente, fallas mecánicas, reprocesos, desorden y desorganización en el área de trabajo. Para abordar estos problemas se implementaron herramientas Lean como KAIZEN, Value Stream Mapping (VSM), 5S y Takt Time, las cuales permitieron intervenir el proceso productivo de manera integral. Como resultado, se logró evaluar la productividad mediante la evaluación de tiempos de fabricación: la producción de 10 pares de calzado pasó de requerir 18.5 horas a solo 10.5 horas, lo que representa una disminución del 40 %. Asimismo, se incrementó la producción diaria de 6 pares a 10 pares. El análisis de viabilidad económica mostró resultados positivos: un Valor Actual Neto (VAN) superior a cero, una Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor a la tasa de descuento y una relación Beneficio/Costo (B/C) superior a 1, confirmando que la propuesta es viable y factible. Este estudio demuestra que la aplicación de herramientas Lean Manufacturing permite una evaluación significativa en la productividad del proceso productivo en la industria del calzado.

2.1.4 Matriz del estado de arte:

Se presenta a continuación la matriz del estado del arte, dónde se ha recopilado las referencias más relevantes para el estudio actual.

Tabla 3

Matriz del estado del arte.

Ítem	Autor	Relevancia
1	Santiana, Sujahtra, Tapayasa, Wibawa, y Sudiasa (2024)	El método de estudio del cálculo de la productividad mediante la observación de tiempos, permite tener una precisión más real y precisa del tiempo que toma en completar determinada actividad (Santiana et al., 2024). La brecha a cerrar es determinar los Takt expresado en minutos que se obtiene tras la observación que se realiza en las diferentes partidas del proyecto.
2	Calik, Koc y Sahin (2025)	La industria de la construcción, que es intensa en la productividad, prioriza este dato para aumentar la eficiencia del proyecto, pero tiene dificultades para lograr el próximo nivel, a pesar del enfoque más alto para académicos y profesionales (Calik et al., 2025). La brecha a cerrar es identificar y evaluar los proyectos del ciclo de vida de la gestión de la productividad en proyectos de construcción.
3	Terk, Wang y Yi (2024)	Existen dos recursos cruciales para la productividad (mano de obra y equipo). El modelado de la productividad de estos recursos ayudaría a las partes interesadas en la gestión de proyectos y mejoraría la programación y el monitoreo de la construcción (Lim et al., 2024). La brecha a cerrar es un enfoque holístico para evaluar la productividad laboral y la productividad con equipos.
4	Jian, Guo, Liu, Feng y Liu (2024)	La productividad laboral ejerce una influencia significativa en el ciclo de construcción y la inversión en proyectos hidroeléctricos. Por consiguiente, es un factor crucial en la estimación del costo de construcción de proyectos hidroeléctricos (Jian et al., 2024). La brecha para cerrar son los cambios espaciales y temporales en la productividad laboral con base en los cambios en las condiciones meteorológicas.
5	Vigneshwar y Shanmugapriya (2023)	Para una buena gestión de proyectos se debe aplicar conocimientos, habilidades, metodologías y técnicas, para poder tener buenos resultados es necesario controlar la productividad. (Vigneshwar y Shanmugapriya, 2023). La brecha a cerrar es identificar los posibles factores de gestión en la industria de la construcción.
6	Huamán (2022)	A raíz de la pandemia mundial muchas industrias se vieron afectadas, como lo es con la construcción, debido a esto la productividad laboral se vio muy perjudicada sin un debido control (Huamán, 2022). La brecha para cerrar es la productividad de la mano de obra en los años de pandemia.
7	Misnan, Ullah y Panda (2022)	La industria de la construcción es un papel importante para el desarrollo de la economía de un país, y estos dependen claramente de los recursos humanos "productividad" (Misnan et al. 2022). La justificación de la elección de este antecedente radica en mostrar la no existencia de control sobre la productividad de la mano de obra en la actualidad con herramientas modernas.
8	Manoharan, Dissanayake, Pathirina, Deegahawature y Silva (2023)	La productividad laboral es uno de los factores más importantes que afectan el progreso físico de cualquier proyecto de construcción (Manoharan et al., 2023). La brecha para cerrar es la necesidad de modernizar las prácticas laborales en el sector de la construcción.
9	Hashiguchi, Sengoku, Kubota, Kitahara, Lim y Kodama (2020)	Se analizaron las diferencias entre los grupos de edad en cuanto a sus percepciones de proyectos para la salud, motivación, habilidades laborales y productividad (Hashiguchi et al., 2020). El estudio comprende las motivaciones de los trabajadores y tienen importantes implicaciones para la gestión laboral de los proyectos de construcción.
10	(Ayodele, Chang-Richards y Gonzales, 2019)	Existe una alta tasa de rotación laboral en la industria de la construcción, que impacta negativamente en la productividad y el desempeño de los negocios de la construcción (Ayodele et al., 2019). Los factores que afectan la rotación laboral y su influencia con las productividades.
11	Alaghbari, Al-Sakkaf y Basilea (2019)	La baja productividad de la mano de obra de la construcción es una de las causas de los sobrecostos y los plazos en los proyectos de construcción (Alaghbari et al., 2019). La elección de este antecedente brinda un acercamiento a la determinación y clasificación de los factores que afectan la productividad laboral.

Tabla 4

Resumen de análisis comparativo entre investigaciones.

Análisis comparativo de estado de arte				
Coincidencia general	***Diferencia clave***	***Limitación identificada***	***Vacío científico***	***Conclusión***
La baja productividad laboral es el problema central en construcción; se identifica la necesidad de herramientas de medición en campo.	Los estudios aplicados se centran en una sola herramienta; no se encontró investigación que integre secuencialmente Takt-Time, Carta Balance y Delphi en obras educativas.	Los rendimientos empleados en la planificación provienen de valores estandarizados sin validación contextual.	No existe un modelo que relacione el ritmo de producción planificado con los tiempos operativos medidos en campo, validado por expertos locales.	En consecuencia, la presente investigación cubre ese vacío al proponer un modelo integrado que permite ajustar la planificación a la realidad medida y validada en el contexto específico de Arequipa.

2.2 Marco teórico

Para el presente trabajo de investigación, ciertos conceptos son tocados con frecuencia y en caso de no serlo, son seleccionados debido a la importancia implícita que poseen en relación con el tema actual.

2.2.1 Productividad:

Para Tello (2016) en lo referente al sector de la construcción, el sistema productivo opera de forma interactiva tal como se muestra a continuación:

Figura 2

Sistema productivo.



Fuente: Tello (2016).

Tello (2016) señala que este sistema considera como entrada la mano de obra, los equipos y los materiales, los cuales atraviesan un proceso de transformación denominado "Sistema Productivo en Construcción" para finalmente convertirse en productos o servicios como resultado.

La productividad, en este contexto, puede entenderse como la relación entre los resultados obtenidos y el tiempo requerido para lograrlos. En ese sentido, mientras menos tiempo se necesite para alcanzar un resultado, mayor será el nivel de productividad del sistema.

A partir de esta dinámica de producción, se reconocen tres tipos de productividad parcial:

- Productividad en el uso de materiales: Hace referencia a la proporción entre los insumos empleados y la cantidad de producción obtenida. Es clave gestionar eficientemente los costos y evaluar al mínimo las pérdidas o desperdicios de materiales.
- Productividad de los equipos: Se relaciona con la eficiencia en el uso de la maquinaria para producir. Debido a que su uso representa un gasto elevado, es importante minimizar los tiempos improductivos o las demoras.

- Productividad de la mano de obra: Representa un elemento esencial, ya que influye directamente en la velocidad y eficacia con que se desarrolla el trabajo.

Este último factor se define como:

$$Productividad\ M.O = \frac{Metrado}{Horas\ Hombre}$$

El avance se puede cuantificar por tarea o como horas ganadas. Las horas ganadas permiten llevar a una misma unidad todos los trabajos y se calculan con la siguiente fórmula:

$$Horas\ Ganadas = Rendimiento\left(\frac{HH}{Unidad\ trabajada}\right) * unidades\ trabajadas$$

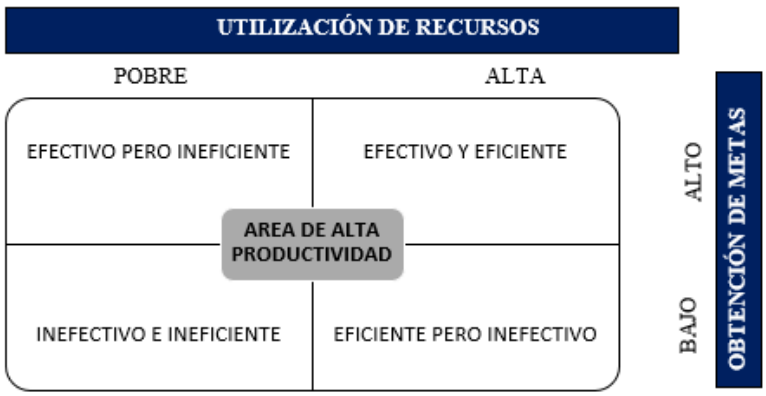
Tello (2016) indica que el rendimiento se determina considerando las horas de trabajo programadas y la cantidad de actividad a realizar, la cual se mide en unidades según el tipo de labor (como metros lineales, kilogramos o unidades globales). Estos parámetros se estipulan previamente en el contrato y con base en ellos se elabora el plan maestro, que define tanto los plazos como los recursos necesarios.

Asimismo, es fundamental señalar que alcanzar niveles altos de productividad implica combinar adecuadamente la eficiencia y la efectividad. La eficiencia hace referencia a la capacidad de alcanzar objetivos utilizando los recursos de la manera más adecuada posible. Por su parte, la efectividad consiste en lograr los resultados propuestos, evidenciados en el cumplimiento de cronogramas y metas establecidas.

La interacción entre estos dos factores eficiencia y efectividad genera diferentes escenarios que influyen en el estado del sistema productivo. Esta relación se representa visualmente en la figura siguiente:

Figura 3

Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.



Fuente: Tello (2016).

2.2.2 Factores que afectan negativamente la productividad

Flores y Ramos (2018) mencionan en su estudio sobre la evaluación de la productividad en la construcción, que los principales factores que afectan negativamente a la productividad son los siguientes:

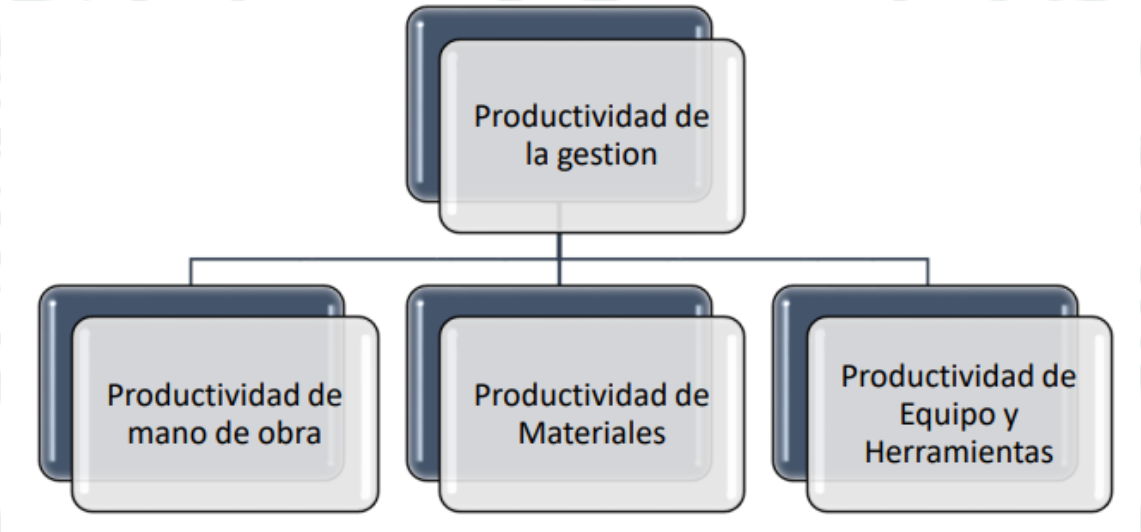
1. Exigencias excesivas de control de calidad.
2. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea.
3. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).
4. Muchas modificaciones durante la ejecución del proyecto.
5. Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.
6. Sobre tiempo programado y/o fatiga.
7. Falta de supervisión del trabajo.
8. Diseños incompletos o atrasados.
9. Nivel de agua subterránea muy superficial.
10. Alta tasa de accidentes en el trabajo.
11. Hora del día y día de la semana, que provocan variaciones en el desempeño de las personas.
12. Características de tamaño y duración de la obra, poco motivadoras para el personal.
13. Temperatura o clima adverso.
14. Errores y omisiones en planos y especificaciones.
15. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.
16. Disponibilidad limitada de mano de obra adecuada y capacitada.
17. Mucho ausentismo de trabajadores.
18. Ubicación inapropiada de los materiales.
19. Agrupamiento de trabajadores en espacios reducidos.
20. Ubicación de la obra en un lugar difícil acceso.
21. Situación económica del país y el nivel de desempleo.
22. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.
23. Diseños muy complejos.
24. Falta de materiales cuando se necesitan.
25. Disputas jurisdiccionales entre cuadrillas.
26. Mucha rotación de personal (contrataciones y despidos).

2.2.3 Mano de Obra:

La mano de obra se entiende como el esfuerzo físico y mental destinado a la creación, reparación, mantenimiento de un bien o a la prestación de un servicio, y puede clasificarse en directa, cuando interviene directamente en la elaboración del producto final, o indirecta, cuando se relaciona con funciones administrativas, logísticas o comerciales sin incidir directamente en la fabricación. En el sector construcción, la mano de obra es uno de los recursos fundamentales junto a los materiales, equipos y herramientas, lo que da lugar a distintos tipos de productividad según el recurso evaluado. El conjunto del control sobre estos aspectos se denomina productividad de la gestión. Entre todos los recursos, la mano de obra destaca por ser el que presenta mayor variabilidad en su índice de productividad (Flores y Ramos, 2018).

Figura 4

Esquema de la productividad total.



Fuente: Tello (2016).

Durante la ejecución de una obra, la mano de obra es el recurso más importante, ya que son los trabajadores quienes, con su esfuerzo, habilidades y conocimientos, convierten los materiales, equipos y demás recursos en el producto final que se entregará al cliente. Además, el rendimiento de los obreros determina la velocidad con la que se utilizan los demás recursos, y, por lo tanto, influye directamente en el avance general de la obra (Flores y Ramos, 2018).

2.2.4 Productividad de la mano de obra

La productividad de la mano de obra se refiere a la capacidad de un factor humano que tiene para cumplir determinada tarea, o a la capacidad que tiene determinada persona en culminar la actividad asignada, este factor lleva como unidades una cantidad por un

factor tiempo, este factor es muy crucial en la industria de la construcción no se debe menospreciar o dejar como última tarea el control de este (Buendia, 2023).

2.2.5 Ventajas de la productividad:

Cuando una compañía gestiona correctamente sus niveles de producción, puede obtener varios beneficios (Medianero, 2016).

- Genera mayores ganancias, ya que logra vender más de lo proyectado.
- Sus trabajadores reciben mejores ingresos, lo cual actúa como incentivo para que desempeñen sus funciones con mayor eficiencia.
- Aumenta su competitividad, ya que aprovecha de forma óptima sus equipos, materiales y talento humano, lo que favorece la innovación y el desarrollo de nuevas habilidades.

2.2.6 Takt-Time:

Es el método que se utiliza para cumplir y satisfacer las necesidades del mercado (Quispe, 2020).

En Alemania, se aplica el concepto de Takt o "compás" en la producción, el cual funciona como un mecanismo de sincronización entre las ventas y el tiempo requerido para fabricar un producto. Este valor se obtiene dividiendo el tiempo disponible para producir entre la cantidad de demanda existente.

$$Takt - time = \frac{tiempo\ operativo\ por\ periodo\ en\ minutos}{demanda\ cliente\ por\ periodo\ en\ unidades}$$

El Takt se utiliza para establecer el ritmo que debe seguir la producción, ayudando a identificar si los trabajadores están adelantados o retrasados respecto al tiempo previsto (Hernández y Vizán, 2016).

2.2.7 Carta Balance:

Es una herramienta utilizada para observar cómo una cuadrilla ejecuta una actividad específica mediante un muestreo. Esta técnica permite analizar cómo cada integrante emplea su tiempo, ayudando a detectar deficiencias y proponer mejoras en el proceso (Flores y Ramos, 2018).

El análisis se basa en un gráfico que evalúa el balance del equipo de trabajo, relacionando el uso de recursos (como mano de obra o maquinaria) con el tiempo (en minutos) dedicado a cada tarea. En dicho gráfico, los recursos se representan mediante barras, y se descompone el tiempo en una secuencia de acciones, incluyendo tanto las productivas como las que no lo son. Este análisis permite tener una visión ordenada del

proceso constructivo. En términos generales, esta herramienta permite revisar y estudiar la eficiencia del método de trabajo, promoviendo un enfoque más inteligente en la ejecución, en lugar de simplemente aumentar el esfuerzo físico (Acevedo y Aroni, 2021).

2.2.8 Gestión de Riesgos:

Es un proceso positivo y proactivo y está destinado a evaluar la probabilidad de consecuencias que no resultan exitosas para el proyecto en sus diferentes etapas de diseño, construcción y operación. Es un área del conocimiento que se gestiona a través de una serie de procesos con la finalidad de lograr aumentar la probabilidad y/o el impacto de las oportunidades y disminuir la probabilidad y/o el impacto de las amenazas, y de esta manera se optimice las posibilidades de éxito del proyecto". Se asevera en decir que si las amenazas no se gestionan se generarán cuestiones o problemas tales como retrasos, sobrecostos, déficit en el desempeño y pérdidas, y ello se reflejará en los objetivos del proyecto. Por otro lado, si es que las oportunidades son aprovechados se obtendrán beneficios tales como la evaluación de tiempo y costo, puede haber una mejora en el desempeño y hasta mejorar las ganancias de la empresa (Leon, 2021).

La gestión de riesgos consiste en ejecutar de forma apropiada y consciente los procesos que comprenden la planeación, identificación, análisis, respuesta y monitoreo de los riesgos del proyecto. Esto con la finalidad de minimizar la probabilidad de ocurrencia e impacto de los eventos adversos y maximizar la probabilidad de ocurrencia e impacto de los eventos positivos y, en consecuencia, aumentar las posibilidades de éxito del proyecto (Gomez y Espinoza, 2023).

2.2.9 Niveles de Riesgo:

Los riesgos se dan durante todas las fases del ciclo de vida del proyecto, es por ello por lo que los procesos de la gestión de riesgos se hacen de manera iterativa, es decir, se repiten y durante el desarrollo se concretan tras encontrar la solución que los cesan. El riesgo general se registra durante el proceso de planificación del proyecto a través de ciertas estrategias consideradas a criterio de quien desarrolla el manual de la gestión de proyectos. Es importante distinguir que riesgo es diferente a problema, la ocurrencia del riesgo es potencial y dependerá de cómo se desarrolle, por otro lado, el problema es real. El riesgo puede tener un impacto positivo o negativo, mientras que, el problema siempre será negativo. Por último, el riesgo se puede gestionar durante el avance del proyecto a través de una evaluación de su impacto y probabilidad de ocurrencia y además se puede controlar, y al problema solo se le podrá gestionar o solucionar el impacto que ocasionó (Leon, 2021).

2.2.10 Guía de gestión de proyectos PMBOK:

Según la Guía PMBOK 7ma edición nos describe que se enfoca a los esfuerzos en la entrega adecuadas o lo que se espera del proyecto. Es decir, ofrecer algo que tiene un valor mayor para el cliente, ya que el valor que se da es muy importante para esta última edición. De esta manera la guía PMBOK te define el estándar en que trabaja los conceptos o definiciones de la estrategia, principio y sobre todo el enfoque en la entrega de valor. Esta guía reconoce un subconjunto de los conceptos básicos, llamados mejores prácticas. Se entiende por buenas prácticas el hecho de que existe un consenso general de que la aplicación de las herramientas, habilidades, conocimientos y técnicas adecuadas al proceso de guía de gestión de proyectos puede aumentar la probabilidad de éxito del proyecto (Gil y Ramos, 2023).

2.2.11 Obras por contrata

Este tipo de obras son del ámbito público, una entidad (municipalidad, gobiernos regionales, etc.) encarga a una empresa privada (contratista), realizar dicho proyecto, esta empresa a través de una licitación pública logra ganar por un proceso de selección, una vez se haga acreedora de la buena pro, se inicia la ejecución del proyecto cumpliendo con los puntos de inicio del contrato (Congreso de la República, 2025)

2.2.12 Glosario de términos técnicos:

a) Takt-Time:

Es un método utilizado en la planificación de obras que establece el ritmo de trabajo necesario para cumplir con los plazos del proyecto, alineando la producción con la demanda. Ayuda a identificar cuellos de botella y equilibrar cargas de trabajo que puedan repercutir negativamente en el proyecto.

b) Carta Balance:

Herramienta gráfica de planificación que permite visualizar la programación de actividades de forma continua y equilibrada en función del tiempo y el espacio. Facilita el control del avance de obra y la contribución a alternativas de mejora en el uso de recursos en proyectos de construcción lineales. Esta herramienta permite observar el proceso en el que se encuentran las diferentes actividades con ayuda del orden y gama de colores que posee, para un mayor control y seguimiento de estas.

c) Método Delphi:

Es un método usado para la validación de diferentes métodos o herramientas que serán aplicadas a un determinado proyecto, a través de ronda de preguntas, encuestas, entrevistas, generando así respuestas necesarias para validar el método o herramienta.

d) Productividad laboral:

Indicador que mide la relación entre la producción alcanzada (avance de obra) y los recursos humanos utilizados (horas-hombre), reflejando la eficiencia y efectividad del trabajo en campo dentro de un proyecto de construcción.

e) Contribución de evaluación:

Proceso mediante el cual se encuentran brechas de mejora en el rendimiento de un sistema, en este caso, buscando un mejor aprovechamiento del tiempo, recursos y capacidades laborales para lograr una mayor productividad.

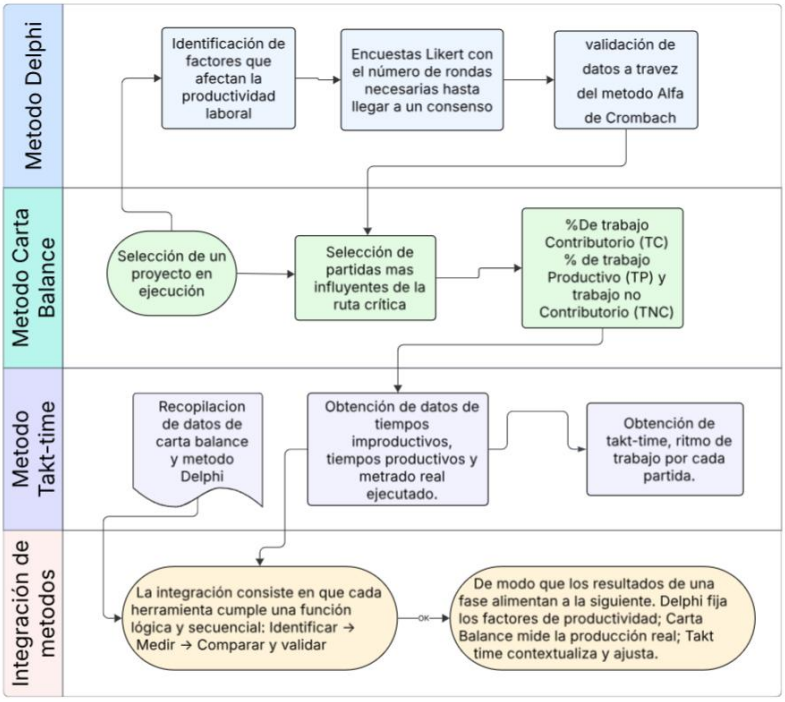
f) Proyecto de construcción:

Conjunto de actividades planificadas y coordinadas con el objetivo de construir una infraestructura física, considerando aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales.

2.2.13 Esquema conceptual de interacción de las metodologías Takt-time, Carta Balance y Delphi.

Figura 5

Esquema de interacción de metodologías



Fuente: Elaboración propia

2.3 Marco Legal

La siguiente tabla muestra las normas relacionadas a los métodos Takt-Time, Carta Balance. Estas son directrices internacionales, nacionales y regionales, que dentro del rubro de la construcción sirven para la gestión de datos y procesos en proyectos. Se

describe cada una de las empleadas en la presente investigación, ya sea que estas tengan un impacto directo o sirvan de apoyo para el desarrollo del mismo.

Tabla 5

Marco legal considerado para el proyecto de investigación.

N	Norma	Descripción	Uso
1	Reglamento nacional de edificaciones	Indica los lineamientos mínimos que se debe considerar para el diseño, construcción, habilitación y seguridad de cualquier proyecto a nivel nacional.	Se considera y da énfasis a la norma G.0.50, que detalla sobre "seguridad durante la construcción", la productividad depende de la seguridad, no se puede considerar un rendimiento real si no se respeta dicha norma.
2	Resolución Ministerial N° 175-1968	Esta resolución establece los rendimientos mínimos de la mano de obra en el sector construcción, dirigido para las provincias de Lima y Callao.	Esta resolución es la que considera en la actualidad CAPECO, en donde se estable el estándar de trabajo (jornada laboral) 8 horas por día y los rendimientos mínimos, se toma de referencia para el Takt-time teóricos.
3	Convenio Colectivo de Construcción Civil (CAPECO - FTCCP)	Regula el régimen laboral de construcción civil en las diferentes categorías (peón, oficial y operario), de igual forma detalla la jornada laboral por día.	Al analizar las partidas de la ruta crítica mediante la Carta Balance se considera a toda la cuadrilla perteneciente a esta, y así se obtiene los trabajos productivo, contributivo y no contributivo.
4	Norma Técnica y Estándares del INACAL	Normas técnicas relacionadas con gestión de riesgos, procesos productivos y mejora continua.	Implementar metodologías de gestión y control de producción, incluyendo Takt-Time y Carta Balance, en obras públicas para mejorar la eficiencia y calidad
5	Ley de Contrataciones Del Estado	Ley que regula los procesos de contratación pública en Perú.	Establece los lineamientos y procedimientos para la contratación de obras, asegurando transparencia y eficiencia en el uso de recursos públicos, así también velando por la posibilidad de mejoras en el área de la productividad laboral
6	Norma ISO 21500 - Directrices sobre gestión de proyectos	Norma internacional que proporciona conceptos y procesos en gestión de proyectos.	Permite trabajar junto a la planificación y control de proyectos, facilitando la integración de metodologías Lean y de gestión del tiempo en obras públicas.
7	Norma ISO 9001 – Sistema de gestión de la calidad	Esta normativa internacional exige los requisitos indispensables para un sistema de calidad en cualquier tipo de proyecto u organización.	En esta normativa se exige la mejora continua a través del ciclo PHVA, que significa planificar, hacer, verificar y actuar, se realiza la planificación con el Takt time, se verifica con la Carta Balance y se actúa con los resultados obtenidos de estos.

Fuente: Elaboración propia

Es importante conocer las normas y leyes en el rubro de edificaciones para elaborar cualquier proyecto que cumpla con los requisitos legales y técnicos establecidos para garantizar la seguridad de sus habitantes.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de Investigación

El tipo de investigación es de enfoque mixto, dado que se emplean métodos cuantitativos para la evaluación de la productividad laboral mediante datos numéricos, así como métodos cualitativos para la interpretación de información contextual y operativa de los proyectos. En este sentido, la investigación se orienta a evaluar la productividad laboral en obras de construcción mediante la integración de herramientas de gestión como Takt-Time, Carta Balance y el método Delphi.

El nivel de investigación es descriptivo–comparativo, debido a que se enfoca en observar, analizar y describir las condiciones de la productividad laboral en distintos proyectos, así como en comparar su comportamiento en función de la aplicación de las metodologías propuestas, sin manipulación directa de variables.

El diseño de investigación es no experimental, de tipo aplicado y con enfoque de estudio de casos, ya que se analizan situaciones reales en proyectos de construcción, considerando tanto datos cuantitativos como cualitativos, sin intervenir en las condiciones de ejecución de los mismos.

Enfoque general: Mixto secuencial explicativo, se inicia con la fase cualitativa-consenso (Delphi), se continúa con la fase cuantitativa de medición en campo (Carta Balance y Takt-Time), y se concluye con la integración y comparación de ambos tipos de información.

Jerarquía metodológica:

- Método Delphi: Fase exploratoria y de validación conceptual (prioridad inicial).
- Carta Balance: método de medición cuantitativa en campo (eje central de recolección de datos).
- Takt-Time: Método de planificación y comparación de rendimientos.
- Análisis comparativo de casos: Enfoque de estudio de tres proyectos (dos retrospectivos, uno prospectivo).

3.2 Métodos de la Investigación

El método que orienta esta investigación es descriptivo - comparativo, de carácter aplicado y basado en estudio de casos con apoyo de juicio de expertos. Parte de un análisis teórico de métodos como Takt-Time, Carta Balance como herramientas de instrumentación en campo, y el método Delphi, para posteriormente contrastarlos con la realidad de tres proyectos de instituciones educativas, con el fin de evaluar su aplicación

en relación con la productividad laboral. Este enfoque permite formular hipótesis específicas a partir de premisas generales, las cuales serán evaluadas mediante la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos.

El alcance de la investigación se centra en la evaluación de la productividad laboral, considerando el nivel de conocimiento y la aplicación de metodologías como Takt-Time y Carta Balance, complementadas con el juicio de expertos a través del método Delphi.

Se seleccionarán tres proyectos de instituciones educativas en la provincia de Arequipa mediante un muestreo por conveniencia, debido a la accesibilidad de la información. De estos, dos proyectos se encuentran culminados y uno en proceso de ejecución. En este último, se aplicará la herramienta Carta Balance a diez partidas correspondientes a la ruta crítica, comunes a los tres proyectos. Con la información obtenida, se realizará el cálculo del Takt-Time por partida, permitiendo comparar los valores proyectados con los obtenidos en campo. A partir de este análisis, se identificarán variaciones en los tiempos de ejecución y en el desempeño de las cuadrillas, expresadas en términos de minutos requeridos por unidad de cada partida.

3.2.1 Detalles del desarrollo metodológico Delphi:

3.2.1.1 Aplicación del método Delphi:

Para la identificación de factores que afectan la productividad laboral se empleó el método Delphi, cuyo objetivo fue obtener consenso entre expertos del sector construcción con experiencia en obras por contrata en instituciones educativas.

Se dio la selección de 15 expertos, este tamaño se ajusta a las recomendaciones metodológicas del método Delphi, autores referentes en la técnica, el tamaño ideal del panel oscila entre 10 y 20 participantes, ya que garantiza la diversidad de criterios sin generar dispersión excesiva en las respuestas (Linstone y Turoff, 2002).

Complementando la información señalan que, para estudios en ingeniería y gestión de proyectos, un número entre 12 y 15 expertos es suficiente para alcanzar resultados confiables, siempre que cuenten con experiencia demostrada en el tema de investigación. Por tanto, la selección de 15 profesionales cumple con los estándares establecidos en la literatura especializada, asegurando validez y representatividad en el proceso de validación (Okoli y Pawlowski, 2004).

Se establece como nivel de consenso aprobado con un valor igual o superior al 70% de coincidencias en las respuestas, para estudios de ingeniería este umbral es el más adecuado para garantizar un adecuado consenso (Hasson, Keeney y McKenna, 2000).

Adicional a ello se complementa con la confiabiliadad del metodo Alfa de Cronbach, para confirmar el grado de confiabilidad, el cual se detallará al desarrollar el método.

3.2.1.2 Criterios de selección:

Se conformó un panel de 15 expertos, seleccionados bajo criterios mencionados a continuación:

Criterios de inclusión explícitos:

- Experiencia mínima: 10 años en ejecución, supervisión o planificación de obras bajo modalidad de contrata ya sean instituciones educativas o afines, participación directa en al menos diez proyectos de infraestructura educativa, conocimiento demostrable en gestión de plazos, costos o productividad en construcción.
- Perfil y especialidad: Se detallan los cargos, cantidad por perfil y el criterio de diversidad de visiones (dirección, diseño, ejecución, supervisión, costos, logística, calidad, seguridad).
- Tamaño del panel: 15 expertos, tamaño adecuado según recomendaciones metodológicas para Delphi en ingeniería (10–20 expertos).
- Número de rondas: Dos rondas, justificadas: primera exploratoria, segunda de convergencia.
- Criterio de consenso: Se establece ≥ 70 % de concordancia en una misma opción o nivel de acuerdo, de no llegar al porcentaje del 70% se procederá a realizar una ronda adicional.
- En base a estas obras seleccionadas y criterios de inclusión se realizaron encuestas a profesionales con conocimiento en ingeniería civil, dentro de los cuales entran los siguientes perfiles:
- Participación directa en proyectos de infraestructura educativa.
- Conocimiento en planificación, control de obra o productividad laboral.

La selección fue intencional, priorizando experiencia y disponibilidad, sobre cantidad y diversidad de opinión profesional.

Procedimiento adoptado para reducir el sesgo de selección:

Con el fin de controlar posibles sesgos en la conformación del panel, la selección intencional se complementó con los siguientes criterios:

- Diversificación de perfiles y roles dentro del panel (gerencia, diseño, ejecución, supervisión, costos, logística, calidad y seguridad), evitando la concentración de expertos en un mismo rol o en una misma obra.
- Verificación cruzada, por parte de los dos investigadores de manera independiente, del cumplimiento de los criterios de inclusión antes de confirmar la incorporación de cada experto al panel.
- Anonimato de las respuestas entre la primera y la segunda ronda, característica propia del método Delphi, que reduce la influencia de figuras de autoridad y el efecto de deseabilidad social dentro del panel.

Tabla 6

Listado de expertos.

N°	Lista de expertos	Cantidad de entrevistados
1	Gerente de constructora	2
2	Proyectista	3
3	Residentes de obra	2
4	Supervisor de obra	2
5	Jefe de oficina técnica	1
6	Ingeniero de calidad	1
7	Jefe de producción	1
8	Especialista de seguridad SSOMA	1
9	Ingeniero de costos y presupuestos	1
10	Jefe de logística y almacén	1
	Total	**15**

3.2.1.3 Número de rondas:

Se propone el desarrollo de dos rondas Delphi, respetando los criterios de selección de los participantes previamente seleccionados.

- Primera ronda: Estará compuesto por un cuestionario exploratorio para identificar factores críticos de productividad; apareciendo las primeras divergencias iniciales.
- Segunda ronda: Servirá para la validación, priorización y búsqueda de consenso sobre los factores identificados.

- Criterio de consenso: Se revisan las respuestas buscando una estabilidad en las mismas, siendo que el porcentaje de concordancia entre ellas sea superior al 70%.

3.2.1.4 Criterio tomado para el consenso:

Se considerará que existía consenso cuando al menos el 70% de los expertos coincidía en la relevancia de un factor o respuesta de los cuestionarios y preguntas planteadas.

3.2.1.5 Tratamiento del desacuerdo:

En caso no se alcance el nivel de consenso establecido, los resultados serán devueltos al panel de la segunda ronda para reconsideración de las respuestas emitidas. Las discrepancias persistentes serán registradas como divergencias y discutidas en el análisis, en caso de haberlas.

3.2.1.6 Criterio de cierre para el proceso Delphi:

El proceso se dará por concluido cuando:

- Se alcance un consenso en la mayoría de los factores analizados por el panel de expertos.
- Las variaciones entre rondas deberán ser mínimas, indicando estabilidad en las respuestas brindadas.

3.2.2 Nivel de homogeneidad y limitaciones entre los casos de estudio

Con la finalidad de sustentar la compatibilidad entre los proyectos analizados, ejecutó un análisis de homogeneidad considerando criterios técnicos, constructivos y contextuales. Asimismo, se identificaron las principales limitaciones derivadas de la naturaleza de los datos disponibles en cada caso, especialmente en relación con la diferencia entre los dos proyectos culminados y el proyecto en ejecución.

Siendo que, al contar con tres proyectos, los dos primeros de estos fueron catalogados como concluidos y su análisis compete a un enfoque de forma retroactiva, mientras que el tercer proyecto se catalogó como activo o en proceso de ejecución; siendo dichas naturalezas, las adecuadas para poder enriquecer el análisis de las partidas críticas.

- Primer proyecto (culminado): Mejoramiento de la infraestructura de la secundaria Santa Rita de Siguas Distrito Santa Rita de Siguas II Etapa.
- Segundo proyecto (culminado): Mejoramiento del servicio de educación inicial en la I.E Villa Continental Distrito de Cayma Provincia de Arequipa Departamento de Arequipa.

- Tercer proyecto (en ejecución): Ampliación del servicio educativo de nivel primaria de la I.E Las Flores, en el distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa,

Tabla 7

Tabla de homogeneidad y limitaciones entre proyectos seleccionados.

Criterio de comparación	Proyecto 1 (culminado)	Proyecto 2 (culminado)	Proyecto 3 (en ejecución)	Nivel de homogeneidad	Limitaciones identificadas
Tipo de infraestructura	Institución educativa	Institución educativa	Institución educativa	Alta	Ninguna relevante
Ubicación geográfica	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Alta	Condiciones micro climáticas variables
Sistema constructivo	Concreto armado	Concreto armado	Concreto armado	Alta	Ninguna relevante
Modalidad de ejecución	Contrata	Contrata	Contrata	Alta	Ninguna relevante
Etapa del proyecto	Culminado	Culminado	En ejecución	Media	Diferente disponibilidad de datos
Disponibilidad de información	Documental	Documental	Campo + documental	Media	Mayor precisión en obra en ejecución
Aplicación de herramientas	No aplicada directamente	No aplicada directamente	Aplicación directa	Baja	Diferente nivel de intervención
Nivel de control de datos	Limitado	Limitado	Alto (observación directa)	Media	Sesgo en análisis retrospectivo
Condiciones de ejecución	Variables	Variables	Controladas parcialmente	Media	Factores no controlados en obras culminadas

De acuerdo con lo presentado, se evidencia un alto nivel de homogeneidad en aspectos fundamentales como el tipo de infraestructura, sistema constructivo, ubicación geográfica y modalidad de ejecución, lo cual valida la comparación entre los casos de estudio.

No obstante, se identifican limitaciones principalmente asociadas a la disponibilidad y calidad de la información, dado que los proyectos culminados fueron analizados de forma retrospectiva, mientras que el proyecto en ejecución permitió una observación directa y un mayor control de los datos.

En ese sentido, los resultados comparativos deben interpretarse considerando estas diferencias, las cuales no invalidan el análisis, pero sí condicionan el alcance de las conclusiones; sin embargo, se hace hincapié en la relevancia que tiene la alta homogeneidad promedio a nivel global en consideración de todos los apartados mencionados.

3.2.3 Criterios de selección de partidas críticas

Para el desarrollo del presente estudio, se establecieron criterios técnicos para la selección de las partidas consideradas críticas dentro de los proyectos analizados, con el objetivo de garantizar la representatividad y relevancia del análisis de productividad laboral. Bajo este sentido, se definieron como partidas críticas aquellas que cumplen con uno o más de los siguientes criterios:

- Alta incidencia en el presupuesto del proyecto, debido a que concentran un porcentaje significativo del costo total de la obra, lo cual implica que cualquier variación en su rendimiento impacta directamente en los costos finales.
- Participación dentro de la ruta crítica del cronograma, dado que estas actividades no presentan holgura, por lo que cualquier retraso en su ejecución afecta de manera directa el plazo total del proyecto.
- Alto nivel de repetitividad en el proceso constructivo, lo que permite obtener patrones consistentes de análisis mediante herramientas como la Carta Balance y el Takt-Time.

En función de estos criterios, se seleccionaron partidas correspondientes a etapas estructurales del proyecto, tales como excavaciones, cimentaciones, elementos de concreto armado (zapatas, columnas y vigas) y albañilería, debido a su impacto significativo en el desarrollo global de la obra.

La relevancia de las partidas seleccionadas recae bajo los criterios mostrados a continuación:

Tabla 8

Justificación de elección de partidas críticas.

N°	Partida	Relevancia estructural	Incidencia en presupuesto	Participación en ruta crítica	Nivel de repetitividad	Normativa aplicable / control técnico	Justificación como partida crítica
1	Excavaciones c/equipo para cimentaciones	Base del sistema estructural (inicio de cargas)	Media - Alta	Sí	Baja	Norma E.050 Suelos y Cimentaciones	Define condiciones iniciales de estabilidad; retrasos afectan todo el proyecto
2	Acero corrugado en zapatas	Elemento principal de resistencia en cimentación	Alta	Sí	Media	Norma E.060 Concreto Armado	Alta incidencia en costo y resistencia estructural
3	Concreto en zapatas	Transferencia de cargas al suelo	Alta	Sí	Media	Norma E.060 Concreto Armado	Control crítico de calidad y tiempos de vaciado
4	Acero corrugado en columnas	Elemento estructural vertical principal	Alta	Sí	Alta	Norma E.060 Concreto Armado	Alta demanda de HH y continuidad estructural
5	Encofrado y desencofrado en columnas	Define geometría estructural	Media	Sí	Alta	Norma E.060 + control de calidad	Impacta en tiempos y secuencia constructiva
6	Concreto en columnas	Elemento portante principal	Alta	Sí	Alta	Norma E.060 Concreto Armado	Influye en resistencia, calidad y avance
7	Acero corrugado en vigas	Resistencia a flexión estructural	Alta	Sí	Alta	Norma E.060 Concreto Armado	Alta incidencia en seguridad estructural
8	Encofrado y desencofrado en vigas	Moldeo de elementos horizontales	Media	Sí	Alta	Norma E.060 + control técnico	Afecta secuencia y tiempos de ejecución
9	Concreto en vigas	Transferencia de cargas horizontales	Alta	Sí	Alta	Norma E.060 Concreto Armado	Crítico para continuidad estructural
10	Muro de ladrillo K.K en soga	Elemento no estructural (en muchos casos)	Media	Sí	Alta	Norma E.070 Albañilería	Alta repetitividad y consumo de HH

A partir de la evaluación presentada en la tabla anterior, se evidencia que las partidas seleccionadas concentran características comunes que las califican como críticas dentro del proceso constructivo, destacando principalmente su alta incidencia en el presupuesto, su participación directa en la ruta crítica y su relevancia dentro del sistema estructural del proyecto.

En particular, las actividades relacionadas con elementos de concreto armado (zapatas, columnas y vigas) presentan una alta criticidad debido a que combinan exigencias técnicas normativas estrictas con una elevada demanda de recursos y mano de obra, lo cual las hace altamente sensibles a variaciones en la productividad. Asimismo, las partidas de encofrado y acero corrugado evidencian un alto nivel de repetitividad, lo que las convierte en escenarios adecuados para la aplicación de herramientas como la Carta Balance y el Takt-Time, permitiendo identificar patrones de eficiencia e ineficiencia en la ejecución.

Por otro lado, la inclusión de la partida de albañilería, a pesar de no constituir un elemento estructural principal en todos los casos, responde a su alta intensidad en el uso de mano de obra y su impacto acumulativo en el avance físico del proyecto, lo cual la posiciona como una actividad relevante en términos de análisis de productividad.

En conjunto, la selección de estas partidas permite abordar el estudio desde una perspectiva integral, considerando tanto actividades estructurales críticas como procesos repetitivos de alta incidencia operativa, garantizando así un análisis representativo del comportamiento de la productividad laboral en obras de infraestructura educativa.

3.2.4 Validez y confiabilidad de instrumentos

Cuestionarios Delphi / encuestas Likert:

- Validez de contenido: Juicio de expertos previo — los mismos 15 profesionales evaluaron claridad, pertinencia y coherencia de cada ítem respecto a los objetivos antes de su aplicación definitiva. Se incorporó sus observaciones en la versión final.
- Validez de constructo: Se estructuró en 6 dimensiones teóricas predefinidas alineadas con el marco teórico.
- Confiabilidad: Se calculó el Alfa de Cronbach para cada dimensión, reportándose los valores e interpretación según rangos aceptados en la literatura.

Formatos de Carta Balance y fichas de observación:

- Validez de criterio: Se contrastó su estructura con modelos consolidados en la literatura nacional e internacional.
- Piloto: Se aplicó una prueba piloto en una partida real para verificar claridad, tiempo de registro y adecuación de campos; se realizaron ajustes antes del levantamiento de datos definitivo.

Formato de cálculo Takt-Time:

- Validado mediante comparación con rendimientos oficiales CAPECO y con los valores obtenidos en campo.

Con la finalidad de asegurar la calidad de los datos recopilados tras la consulta a expertos, se deberá tener un proceso de validación y verificación de los instrumentos empleados, siendo en este caso las encuestas y preguntas Likert.

3.2.4.1 Validez de contenido:

La validez de contenido se garantizará mediante la revisión por juicio de expertos, quienes evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems en relación con los objetivos del estudio.

3.2.4.2: Confiabilidad:

La confiabilidad se analizará mediante la consistencia interna de las respuestas obtenidas verificando la coherencia entre las dimensiones evaluadas (Takt-Time, Carta Balance, rendimiento, tiempo y cronograma). La estabilidad de las respuestas entre ítems relacionados permitirá observar una adecuada confiabilidad de los instrumentos.

3.2.5 Tratamiento estadístico.

Se ha complementado el apartado de análisis estadístico con:

- Nivel de significancia adoptado: 95 % de confianza ($\alpha = 0.05$).

Pruebas aplicadas y justificación:

- Estadística descriptiva: Frecuencias, porcentajes, medidas de tendencia central y dispersión, adecuadas para respuestas ordinales (escala Likert) y datos de campo.
- Alfa de Cronbach: Para validar consistencia interna apropiado al tratarse de escalas tipo Likert con múltiples ítems por dimensión.
- Pruebas no paramétricas: Se explica que, al tratarse principalmente de datos ordinales y muestra reducida (n=15), no se asume normalidad y se opta por enfoques descriptivos y de consenso más que por pruebas inferenciales paramétricas.
- Limitación y transparencia: Se señala explícitamente que el tamaño muestral restringe el alcance de pruebas inferenciales, por lo que los resultados se interpretan como evidencia exploratoria y de tendencia, no como generalización estadística.

Tabla 9

Tabla de métodos.

OBJETIVO	MÉTODO
O.E.1	Revisión de literatura con enfoque mixto (análisis bibliométrico y revisión sistemática) y aplicación del método Delphi a expertos, mediante rondas de consulta estructuradas, para la evaluación de la variación de la productividad laboral.
O.E.2	Aplicación e integración de las herramientas Carta Balance y Takt-Time en partidas seleccionadas de la ruta crítica, considerando la medición de tiempos productivos, contributivos y no contributivos, en tres proyectos seleccionados por conveniencia.
O.E.3	Procesamiento y análisis de datos mediante tablas dinámicas a partir de los resultados de Carta Balance y Takt-Time, para la comparación de rendimientos entre valores proyectados y obtenidos, con el fin de identificar variaciones en la productividad laboral.

Tabla 10

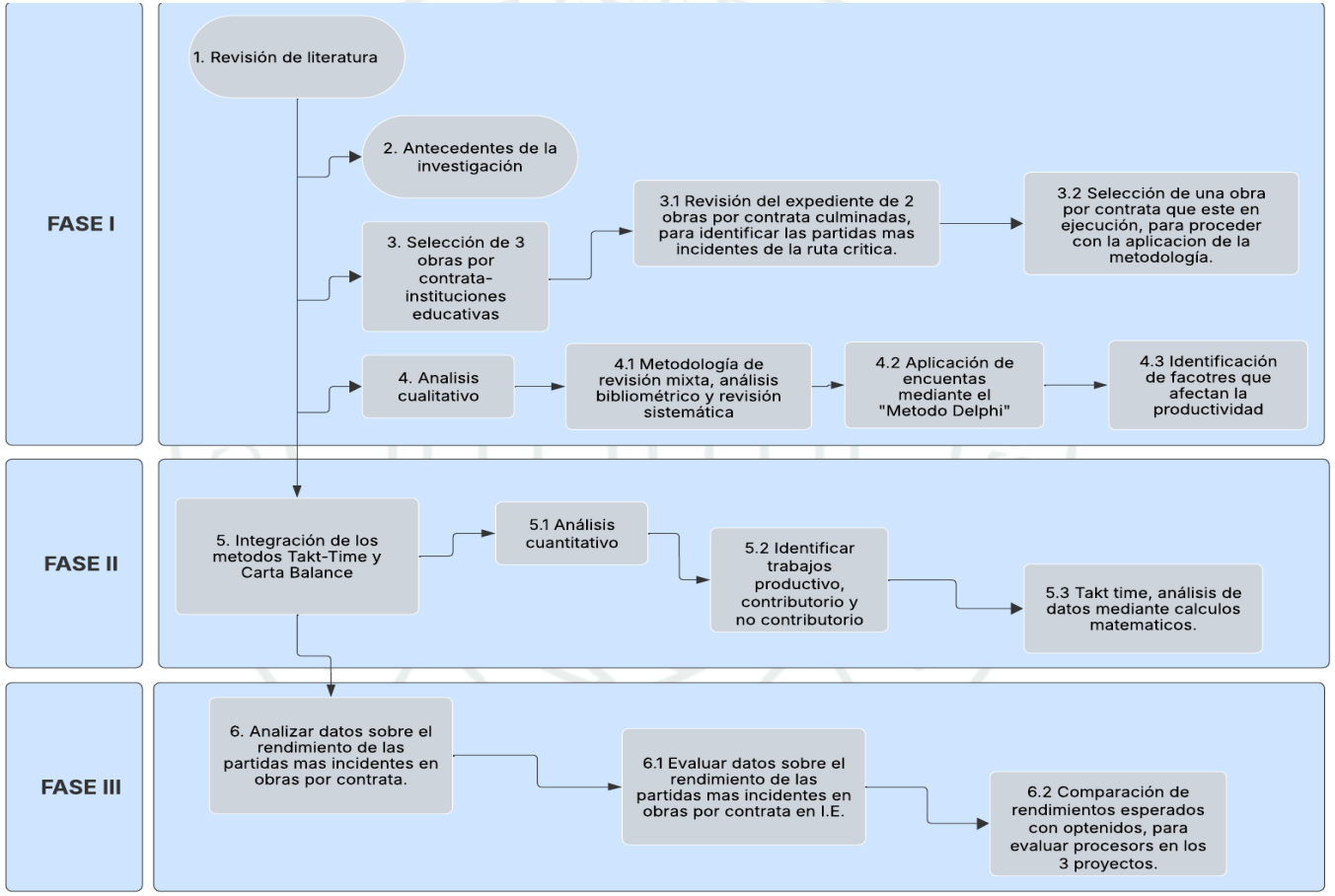
Matriz de Operacionalización.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Criterio de medición	Instrumentos
VI. Modelo integrado (Carta Balance y Takt-time)	La integración metodológica de Takt-Time y Carta Balance, validada por Delphi consiste en la articulación secuencial y complementaria de herramientas de planificación, control y validación técnica aplicadas a proyectos de construcción. El método Takt-Time permite establecer ritmos y secuencias de producción; la Carta Balance facilita la evaluación de actividades productivas, contributivas y no contributivas; y el método Delphi permite validar y ajustar criterios mediante juicio experto, contribuyendo a un análisis integral de la gestión operativa y productividad en obra.	Corresponde a la aplicación secuencial e integrada de los métodos Takt-Time, Carta Balance y Delphi en partidas representativas de obras ejecutadas por contrata en instituciones educativas. El Takt-Time se emplea para definir ritmos y secuencias de trabajo; la Carta Balance para medir productividad y distribución de actividades; y el método Delphi para validar, ajustar y consensuar criterios técnicos mediante rondas de consulta a expertos.	Planificación del flujo de trabajo (Takt-time)	Determinación del tiempo Takt por actividad	Diferencia porcentual entre Takt calculado y Takt real	- Guía de observación - Ficha de registro - Cronograma de actividades
				Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y ritmo de producción		
				Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones		
			Evaluación de productividad y balance operativo (Carta Balance)	Porcentaje de trabajo productivo	Porcentaje de TP, porcentaje de TC, porcentaje de TNC	- Carta Balance - Guía de observación - Formato de medición de tiempos
				Porcentaje de trabajo contributivo		
				Porcentaje de trabajo no contributivo		
				Programación entre tiempos programados y ejecutados		
			Validación y ajuste mediante juicio de expertos (Delphi)	Selección de expertos	Buscar el consenso, “de acuerdo” “total mente de acuerdo”; tendrá que ser mayor70%	- Cuestionario Delphi - Guía de entrevistas - SEACE
				Número de Rondas Delphi aplicadas		
				Nivel de consenso alcanzando		
				Tratamiento de desacuerdos		
				Criterio de cierre Delphi		
VD. Productividad laboral	La productividad laboral en el sector construcción se refiere a la relación entre la cantidad de productos generados (resultados del trabajo) y los recursos humanos utilizados (trabajadores), en un determinado periodo. Es un indicador clave del rendimiento y eficiencia del equipo de trabajo en las actividades constructivas.	Corresponde al nivel de rendimiento alcanzado por los trabajadores durante la ejecución de tareas específicas del proyecto, expresado en función de la eficiencia con la que se emplean los recursos humanos para cumplir metas de producción en un tiempo determinado.	Rendimiento del personal	Volumen de trabajo ejecutado por jornada	HH reales vs. HH estándar	- Ficha de control de producción - Registro de actividades en obra
				Tareas completadas vs tareas programadas		
			Uso eficiente del tiempo	Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles	Desviación días reales vs. programados	- Carta Balance - Registro de tiempos
				Evaluación del tiempo en actividades no contributivas		
			Cumplimiento del cronograma	Comparación entre tiempos estimados y reales	Porcentaje de tiempo sin interrupciones	- Cronogramas de obra - Informes del control y comparación de tiempos
				Avance físico acumulado vs programado		
				Número de actividades reprogramadas o retrasadas		

3.2.6 Esquema metodológico

Figura 6

Esquema metodológico de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo, se muestran los resultados que resuelven los objetivos planteados al inicio de la presentación de la investigación, para ello se presenta a continuación lo siguiente.

4.1 Primera ronda – Identificación de los factores que afectan la productividad laboral

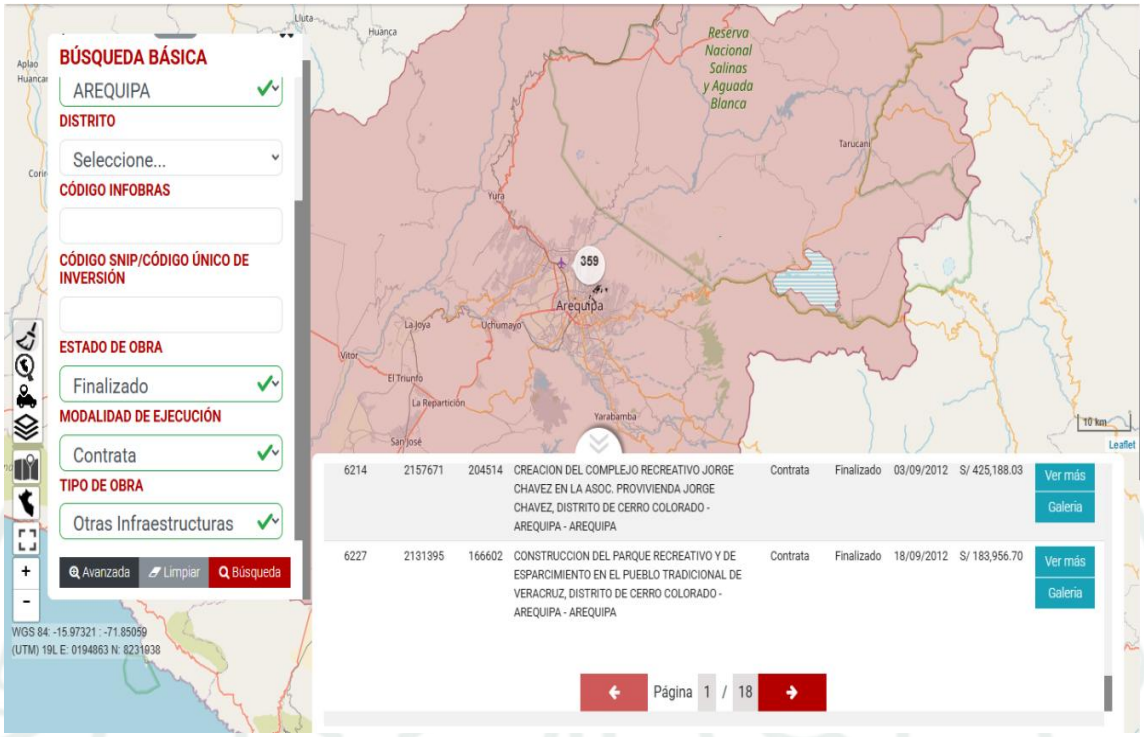
Para completar dicho objetivo se empezó realizando una búsqueda exhaustiva de obras culminadas recientes en Arequipa; mediante portales como el de Infobras, la cual resulta ser una herramienta bastante útil brindada por la Contraloría General de la República, permitió usar los parámetros de: Departamento-Arequipa, Estado de obra-Finalizado, Modalidad de Ejecución-Contrata, Tipo de obra infraestructuras; este último punto para evitar que haya una evaluación de información, ya que se estaría limitando el campo de la población elegida para la investigación.

Encontrando así que existen un total de 492 obras en la región de Arequipa con las características mencionada previamente, estas registradas dentro de los periodos 05/07/2012 a 01/05/2025. Para la selección de las 3 obras a analizar se tuvo en cuenta que estas tengas relación con instituciones educativas, ya sea un proyecto de mejoramiento, ampliación o similares, debido al objeto de estudio de la presente investigación.

Dichas obras seleccionadas también debían cumplir con la característica de tener un fácil acceso a la información para poder servir de base al momento de analizarlas y realizar encuestas a los profesionales respectivos.

Figura 7

Obras finalizadas en Arequipa.



Nota. Se buscó mediante el portal de Infobras en la opción de búsqueda avanzada para la región de Arequipa. Fuente: Infobras, Contraloría General de la República, (2025).

Tabla 11

Obras finalizadas en la región de Arequipa.

N°	Código Snip	Nombre De La Obra	Modalidad De Ejecución	Estado De Obra	Fecha De Inicio	Monto Expediente Técnico
1	0	Ejecución De La Obra Mantenimiento Del Dpto. Atico Región Arequipa	Contrata	Finalizado	28/06/2012	S/ 790,996.00
2	0	Construcción Del Parque Recreacional El Triángulo De La Mz. F De La Asociación Urbanizadora Los Boques Distrito De Socabaya	Contrata	Finalizado	05/07/2012	S/ 90,014.71
3	0	Construcción De Centro Cívico De La Municipalidad De Yura II Etapa Plaza Y Otros	Contrata	Finalizado	08/06/2012	S/ 2,202,032.62
4	114564	Construcción De Plaza Cívica En El Asentamiento Pedregal Sur I Etapa Mz. E 8 Distrito De Majes Provincia De Caylloma Región Arequipa	Contrata	Finalizado	24/04/2012	S/ 1,015,708.81
5	168539	Mejoramiento De La Alameda Frente A La Manzana M Entre Las Calles 9 Y 10 En La Urbanización León XIII Distrito De Cayma Arequipa	Contrata	Finalizado	07/08/2021	S/ 101,816.98
6	190790	Creación Centro Cívico En La Mz. 23 Lote 26 Urbanización 15 De agosto Distrito De Paucarpata Arequipa	Contrata	Finalizado	29/05/2012	S/ 1,990,797.86

7	0	Construcción De Sardinel Y Enrejado Del Parque Juan XXIII Distrito De Yanahuara Provincia De Arequipa	Contrata	Finalizado	17/01/2012	S/ 103,043.00
8	168843	Construcción De Plaza En El Sector 8 Complejo Habitacional Dean Valdivia Distrito De Cayma Arequipa	Contrata	Finalizado	09/03/2012	S/ 240,896.22

4.1.1 Selección de los proyectos con infraestructura educativa:

El primero de los proyectos que entran el análisis es la "Ejecución de la obra mejoramiento y ampliación del servicio de educación secundaria en la I.E Nueva Juventud, Distrito de Santa Rita de Siguas, provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa", el cual cuenta con un monto de contratación de S/ 5,972,452.50, siendo el Gobierno regional de Arequipa Sede Central la entidad convocante; uno de los motivos principales para la elección de esta obra como objeto de estudio es el monto significativo de la inversión y evidentemente la ubicación geográfica de esta misma, como a su vez la facilidad para acceder a los datos del mismo. El periodo de dicho proyecto se encontró programado para iniciar en agosto del 2020 y dentro de los meses de agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero; culminando así a inicios del año 2021. Según el calendario valorizado ubicado en el expediente técnico del proyecto, la proyección en días fue de 195 días.

El segundo proyecto seleccionado que entra en la categoría de finalizado es el denominado "Mejoramiento de educación inicial en la I.E. Villa Continental, Distrito de Cayma, Provincia de Arequipa, Región de Arequipa, CUI N°2392720"; este mismo contó con un presupuesto de S/6,965,006.86, siendo la entidad convocante la Municipalidad Distrital de la Villa de Cayma. Como justificación de la elección de este trabajo se tiene como principal motivo el de la cercanía en cuanto a tiempos de inicio de ejecución, según la web de Infobras se tiene como fecha de inicio de ejecución el 16 de marzo del 2024 y siendo su fecha de liquidación más cercana y registrada según el cronograma de obra valorizados el 12 de octubre del 2024, teniendo este mismo una proyección de 240 días calendario.

El proyecto seleccionado que entra en la categoría de en ejecución es el denominado "Ampliación del servicio educativo del nivel primaria de la I.E. Las Flores, en el distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa, CUI N°2552506"; el cual cuenta con un presupuesto de S/ 11,457,769.00, siendo la entidad ejecutora la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado. Como justificación de la elección de este proyecto se tiene como principal motivo la cercanía en cuanto a los tiempos de

inicio de ejecución respecto a los demás proyectos analizados; según la plataforma INFOBRAS, se registra como fecha de inicio de ejecución el 04 de noviembre del 2024, contando con un plazo de ejecución de 270 días calendario, lo que permite su análisis en relación con la productividad, planificación y control de obra mediante la aplicación de herramientas como cartas balance, Takt Time.

Tabla 12

Obras de índole educativa seleccionadas para el estudio.

N°	Nombre de la obra	Modalidad de ejecución	Estado de obra	Fecha de inicio	Monto Expediente Técnico
1	Mejoramiento de la infraestructura de la secundaria Santa Rita de Siguas Distrito Santa Rita de Siguas II Etapa	Contrata	Finalizado	23/08/2018	S/ 599,537.86
2	Mejoramiento del servicio de educación inicial en la I.E Villa Continental Distrito de Cayma Provincia de Arequipa Departamento de Arequipa	Contrata	Finalizado	16/03/2024	S/ 7,660,046.27
3	Ampliación del servicio educativo de nivel primaria de la I.E Las Flores, en el distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa	Contrata	En ejecución	04/11/2024	S/ 11,457,769.00,

Adaptado de: Obras Educativas finalizadas, Infobras. 2025.

4.1.2 Panel de expertos

A. **Dos (02) gerentes de constructora: S**elección de gerentes de constructora debido a su visión estratégica y global del proyecto, ya que su experiencia en proyectos educativos brindará como la toma de decisiones de alto nivel relacionadas con plazos, costos, recursos y lineamientos organizacionales, repercute en el avance de este. Su experiencia permite identificar factores macro que afectan la productividad.

B. **Tres (03) proyectistas:** Los proyectistas fueron incluidos debido a su intervención directa en la fase de diseño, donde se definen especificaciones técnicas, secuencias constructivas y compatibilización de especialidades. Su aporte es clave para identificar cómo los errores, retrabajos o deficiencias en el diseño de estructuras educativa impacta en el flujo de trabajo.

C. **Dos (02) residentes de obra:** Los residentes de obra fueron considerados expertos por su rol central en la ejecución diaria del proyecto, siendo responsables de coordinar recursos, supervisar actividades y asegurar el cumplimiento del cronograma. Su experiencia permite identificar ineficiencias operativas, tiempos improductivos y restricciones reales que se evidencian al aplicar herramientas como cartas balance.

D. Dos (02) supervisores de obra: Los supervisores de obra aportan una perspectiva directa del control en campo, enfocada en el seguimiento de actividades, cumplimiento de procedimientos y rendimiento de la mano de obra. Su participación es relevante para identificar desviaciones entre lo planificado y lo ejecutado, así como factores que afectan la productividad a nivel operativo.

E. Un (01) jefe de oficina técnica: El jefe de oficina técnica fue seleccionado debido a su participación en la planificación, control de avances, metrados, análisis de costos y gestión de documentación técnica. Su conocimiento permite relacionar los resultados del método Delphi con indicadores de desempeño del proyecto y herramientas de gestión y control de actividades.

F. Un (01) ingeniero de calidad: El ingeniero de calidad aporta información relevante sobre los procesos de control y aseguramiento de la calidad, los cuales influyen directamente en la productividad al evitar retrabajos, fallas constructivas y tiempos muertos. Su experiencia permite identificar cómo la calidad de los procesos impacta en el flujo continuo del trabajo en proyectos de infraestructura educativa.

G. **Un (01) jefe de producción:** El jefe de producción fue incluido por su responsabilidad directa en la planificación y control de la producción en obra. Su aporte es fundamental para analizar la secuencia de actividades, la asignación de recursos y el cumplimiento del Takt Time, así como para identificar cuellos de botella que afectan la productividad.

H. **Un (01) especialista de seguridad SSOMA:** El especialista en seguridad y salud ocupacional fue seleccionado debido a su rol en la prevención de accidentes y gestión de riesgos en obra. Su experiencia permite identificar cómo las condiciones de seguridad influyen en la continuidad del trabajo, el rendimiento del personal y la evaluación de interrupciones que afectan la productividad.

I. **Un (01) ingeniero de costos y presupuestos:** El ingeniero de costos y presupuestos aporta una visión analítica sobre el rendimiento de los recursos,

costos unitarios y variaciones económicas del proyecto. Su participación es relevante para relacionar la productividad observada con el impacto económico, permitiendo evaluar la eficiencia del proyecto desde un enfoque cuantitativo.

J. **Un (01) jefe de Logística y almacén:** El jefe de logística y almacén fue incluido por su responsabilidad en la gestión de materiales, equipos y suministros. Su aporte es clave para identificar cómo la disponibilidad oportuna de recursos influye en el flujo de trabajo, la evaluación de tiempos muertos y el cumplimiento herramientas como el Takt Time en obra y las cartas balance dentro de proyectos de infraestructura educativa.

Por elección y solicitud de la mayoría de los entrevistados, sus datos se mantuvieron anónimos durante el proceso de encuestas, y el orden que se muestra a continuación está basado en el orden en el que fueron entrevistados.

Tabla 13

Orden y cargo de los expertos.

Orden de encuesta	Cargo de los expertos	Cantidad de entrevistados
1	Gerente de constructora	2
2	Proyectista	3
3	Residentes de obra	2
4	Supervisor de obra	2
5	Jefe de oficina técnica	1
6	Ingeniero de calidad	1
7	Jefe de producción	1
8	Especialista de seguridad SSOMA	1
9	Ingeniero de costos y presupuestos	1
10	Jefe de logística y almacén	1
	Total	**15**

Nota: Se asignó el número en base al orden de entrevista que se tuvo con los profesionales.

4.1.3 Encuestas a profesionales

A los profesionales mencionados se les hizo llegar el resumen ejecutivo de los proyectos seleccionados, con ello fueron sometidos a las encuestas, las cuales tuvieron el siguiente formato:

Tabla 14

Primera hoja de encuestas Likert para evaluar conocimientos de profesionales.

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?					
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?					
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?					
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?					
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?					
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?					
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?					
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?					
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?					
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evalúan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					

Para la segunda hoja de encuestas se tuvieron en cuenta las mismas dimensiones e indicadores, esta vez las respuestas fueron cerradas, cuatro (04) alternativas fueron brindadas a los expertos.

Tabla 15

Dimensión Takt-Time de la segunda hoja de encuestas.

Dimensión Takt-Time
Indicador: Uso de herramientas de gestión
1. ¿Qué herramienta considera más útil para evaluar el ritmo de trabajo en obra?
☐ Takt-Time
☐ Carta Balance
☐ Herramientas de Gestión de riesgos
☐ Otra
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time

2. ¿Cuál cree que es el principal beneficio del uso del Takt-Time?	**3. ¿Conoce el método Takt-Time?**
☐ Sincronización del trabajo	☐ Sí
☐ Evitar retrasos	☐ No
☐ Control visual	☐ He oído hablar
☐ No lo conozco	☐ Lo he aplicado

4. **¿Qué limitaciones encuentra al aplicar el método Takt-Time?**
☐ Desconocimiento del personal
☐ Falta de datos
☐ Resistencia al cambio
☐ Ninguna

Nota: Para la dimensión de Takt-Time, se muestran los indicadores sobre la *Uso de herramientas de gestión y Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time*.

Tabla 16

Dimensión Carta Balance de la segunda hoja de encuestas.

Dimensión Carta Balance	
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo	
5. ¿Qué tipo de tareas son las más afectadas por la baja productividad?	**6. ¿Cuál es el principal factor que interfiere en la productividad en su experiencia?**
☐ Acabados	☐ Falta de materiales
☐ Estructuras	☐ Clima
☐ Instalaciones	☐ Falta de capacitación
☐ Todas	☐ falta de supervisión
Indicador: Porcentaje trabajo contributivo	
7. ¿Considera útil medir el trabajo contributivo y no contributivo?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ No lo sé	
☐ Depende del tipo de obra	
Indicador: Porcentaje trabajo no contributivo	
8. ¿Cuál es el mayor desafío en aplicar Carta Balance en campo?	**9. ¿Conoce la herramienta de Carta Balance?**
☐ Recopilar datos	☐ Sí
☐ Interpretar resultados	☐ No
☐ Capacitación del personal	☐ He oído hablar
☐ No se aplica	☐ la aplico regularmente

Nota: Los indicadores para esta dimensión son el Porcentaje de trabajo productivo, Porcentaje trabajo contributivo y Porcentaje de trabajo no contributivo.

Tabla 17

Dimensión de la Gestión de riesgos de la segunda hoja de encuestas.

Dimensión Gestión de riesgos	
Indicador: Identificación de riesgos	
10. ¿Cómo realiza actualmente la identificación de riesgos?	
☐ Reuniones	
☐ Checklists	
☐ No se hace	
☐ Otra	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos	
11. ¿Aplica principios de gestión de riesgos en sus obras?	**12. ¿Cuál es el impacto principal de aplicar gestión de riesgos en obra?**
☐ Sí	☐ Mejora de tiempos
☐ No	☐ Evaluación de riesgos
☐ Algunos	☐ Planificación efectiva
☐ Desconozco sobre la gestión de riesgos	☐ No hay impacto
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas	
13. ¿El cronograma del proyecto se revisa semanalmente?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ Solo al inicio	
☐ No estoy seguro	
Indicador: monitoreo y control de eventos de riesgo	
14. ¿Se promueve la mejora continua en obra?	**15. ¿Desconoce la gestión de riesgos?**
☐ Sí	☐ No lo conozco
☐ No	☐ He escuchado sobre él
☐ En algunos casos	☐ Lo conozco y lo veo a menudo
☐ no aplica	☐ Lo he aplicado y conozco a la perfección

Nota: Los indicadores analizados para esta dimensión son la identificación de riesgos, Evaluación y clasificación de proyectos, Planes de respuestas a proyectos y medidas, y Monitoreo y control de eventos de riesgos.

Tabla 18

Dimensión del rendimiento del personal.

Dimensión: Rendimiento del personal
Indicador: Volumen del trabajo ejecutado por jornada
16. ¿Con qué frecuencia se mide la productividad laboral?
☐ Diariamente
☐ Semanalmente
☐ Mensualmente
☐ No se mide
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas
17. ¿Usa algún software para seguimiento de productividad?
☐ Sí
☐ No
☐ Solo Excel
☐ Desconozco

Tabla 19

Dimensión del Uso eficiente del tiempo.

Dimensión: Uso eficiente del tiempo	
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles	
18. ¿Cree que una integración de estas tres metodologías es viable?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ Depende del tipo de obra	
☐ No estoy seguro	
Indicador: Evaluación del tiempo de actividades no contributivas	
19. ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación en estas herramientas?	
☐ Sí	☐ Depende del tiempo disponible
☐ No	☐ Depende de la empresa
20. ¿Cuánto es el tiempo no productivo del personal en una hora laborable?	
☐ Aprox. 05 minutos	☐ Aprox. 20 minutos
☐ Aprox. 10 minutos	☐ Aprox. 30 minutos

Nota: los indicadores empleados para esta dimensión son las Horas efectuadas trabajadas vs horas totales disponibles y evaluación del tiempo de actividades no contributivas.

Tabla 20

Dimensión del Cumplimiento del cronograma.

Dimensión: Cumplimiento del cronograma
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales
21. ¿Con qué periodicidad se revisa el cronograma del proyecto inicialmente establecido?
☐ Diario
☐ Semanalmente
☐ Mensualmente
☐ Solo para comprobar la existencia de retraso

Nota: El indicador que compone la dimensión sobre el cumplimiento del cronograma, es la *Comparación entre tiempos estimados y reales*.

A. Respuestas de los expertos – Primera hoja

Se presenta a continuación el siguiente análisis estadístico de los datos recopilados en base al orden de las preguntas presentadas en el punto anterior.

De acuerdo con lo planteado en la metodología, se evaluó a los quince profesionales con una encuesta Likert (escala del 1 al 5), poseyendo los parámetros las opciones de:

- En desacuerdo = 1
- Parcialmente en desacuerdo = 2
- Neutral = 3
- De acuerdo = 4
- Totalmente de acuerdo = 5

a. Dimensión Takt-Time:

Dentro de esta dimensión, se tomaron en cuenta los indicadores de: Determinación por Takt-Time por actividad, nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time y flujo continuo de producción sin interrupciones. Para esta primera ronda se recopilaron las respuestas de los entrevistados en base al orden de encuesta y con ayuda de software estadístico como *SPSS*, se observan los resultados en la Figura 7.

Figura 8

Datos recopilados de la encuesta Likert para la Dimensión Takt-Time.

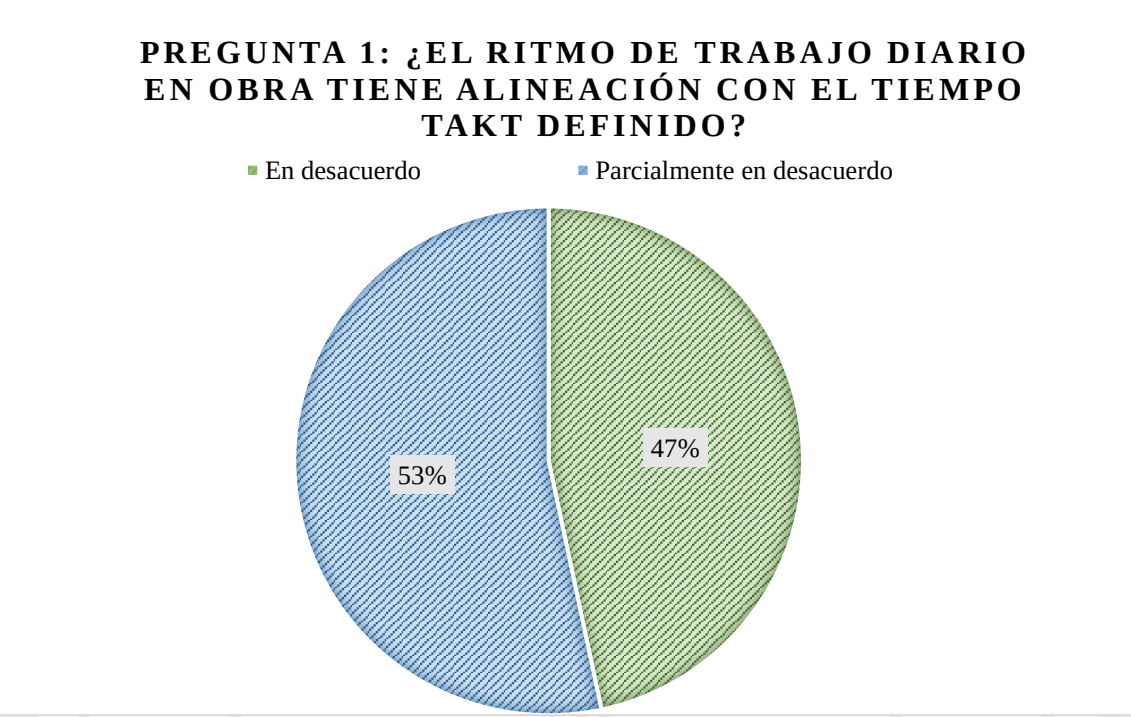
	Dimensión: Takt-Time					
	Ind: Determinación por Takt-Time por actividad		Ind: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time		Ind: Flujo continuo de producción sin interrupciones	
ESPECIALISTA	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?
1	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
2	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
3	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
4	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Neutral	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
6	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
8	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral
9	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral
10	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral
11	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
12	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
13	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
14	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
15	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

VALORACIÓN	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0
Parcialmente en desacuerdo	0	0	0	0	0	0
Neutral	0	0	0	0	1	1
De acuerdo	7	10	11	9	9	9
Totalmente de acuerdo	8	5	4	6	5	5
Total	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**

Por consiguiente, los gráficos circulares generados mediante el uso de software estadístico en base a cada una de las preguntas son los siguientes:

Figura 9

Gráfico circular sobre la opinión el ritmo de trabajo ajustado al Takt-Time.



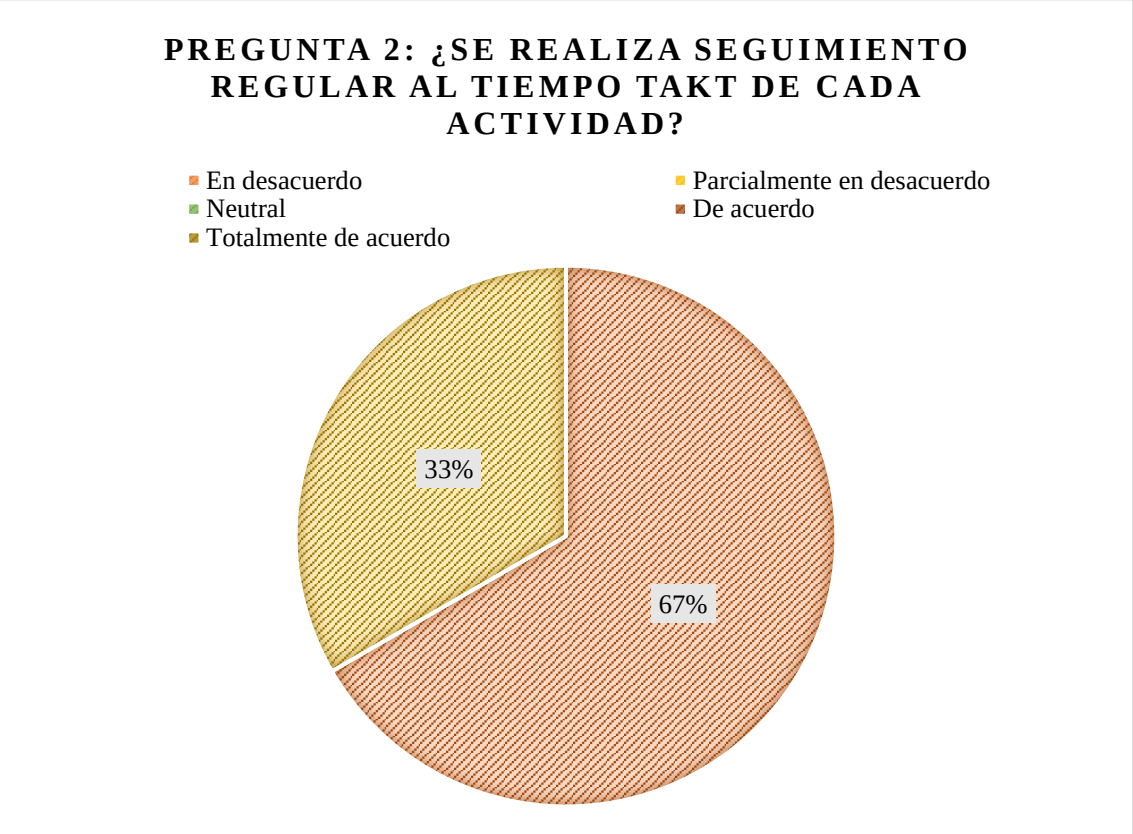
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 1: ¿El ritmo de trabajo diario en obra tiene alineación con el tiempo Takt (Takt-Time) definido?*, mostró los siguientes resultados.

Se observó que un 53% de los expertos señalan estar totalmente de acuerdo sobre el Modelo Takt-Time y su ajuste al ritmo de trabajo diario; por otra parte, un 47% señaló estar de acuerdo frente a que el ritmo de trabajo ya planteado se ajuste a un Takt-time definido.

Figura 10

Gráfico circular sobre el seguimiento regular al Takt-Time.



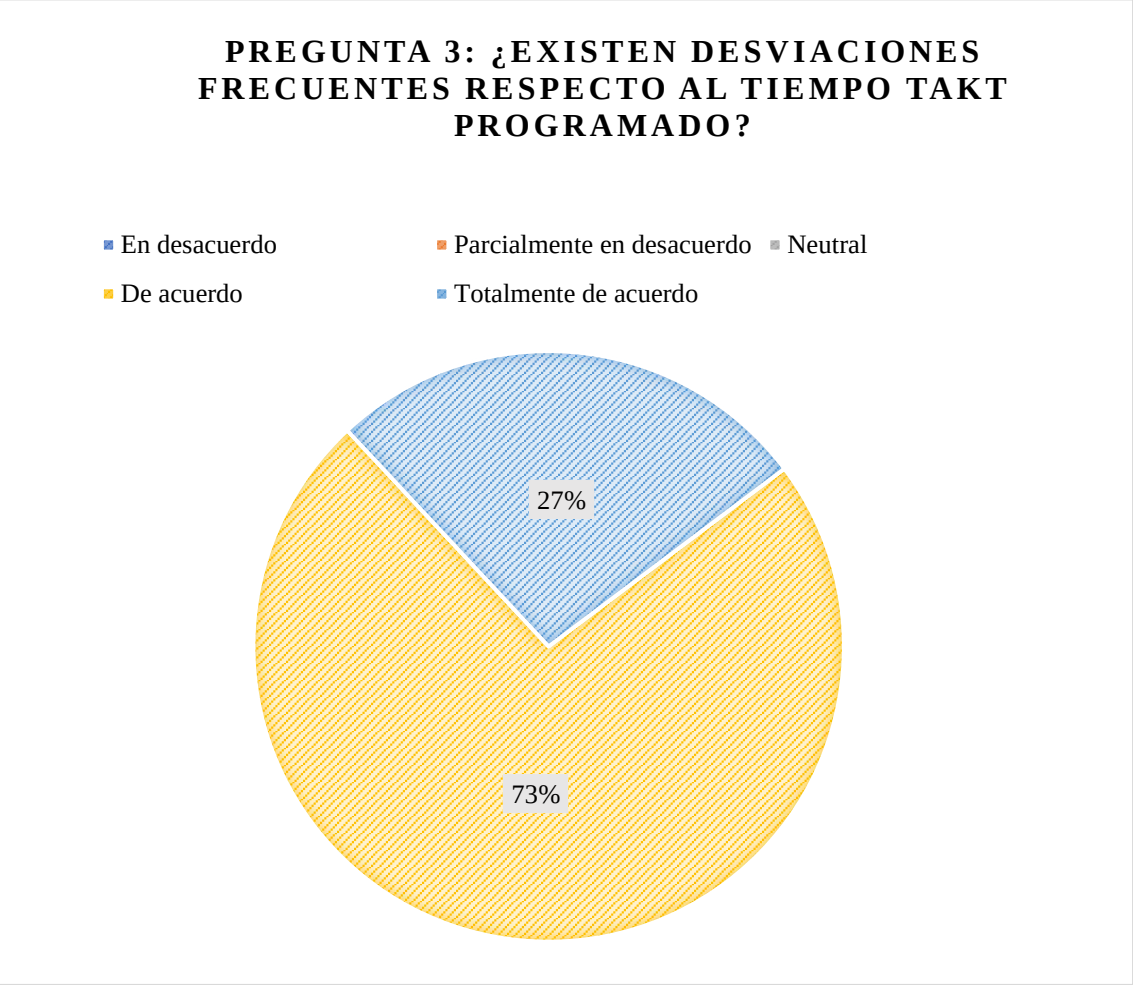
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: “En desacuerdo”, “Parcialmente en desacuerdo”, “Neutral”, “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 2: ¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt (Takt-time) de cada actividad?*, mostró los siguientes resultados.

En base a la segunda pregunta planteada, los investigadores con sus respuestas apuntaron a un 67% en torno a estar de acuerdo con la idea de que realizar un seguimiento regular del Takt-Time por cada actividad. Por otra parte, el 33% señaló tener una opinión de total acuerdo frente a dicha idea.

Figura 11

Existencia de las desviaciones frecuentes respecto al Takt-Time.



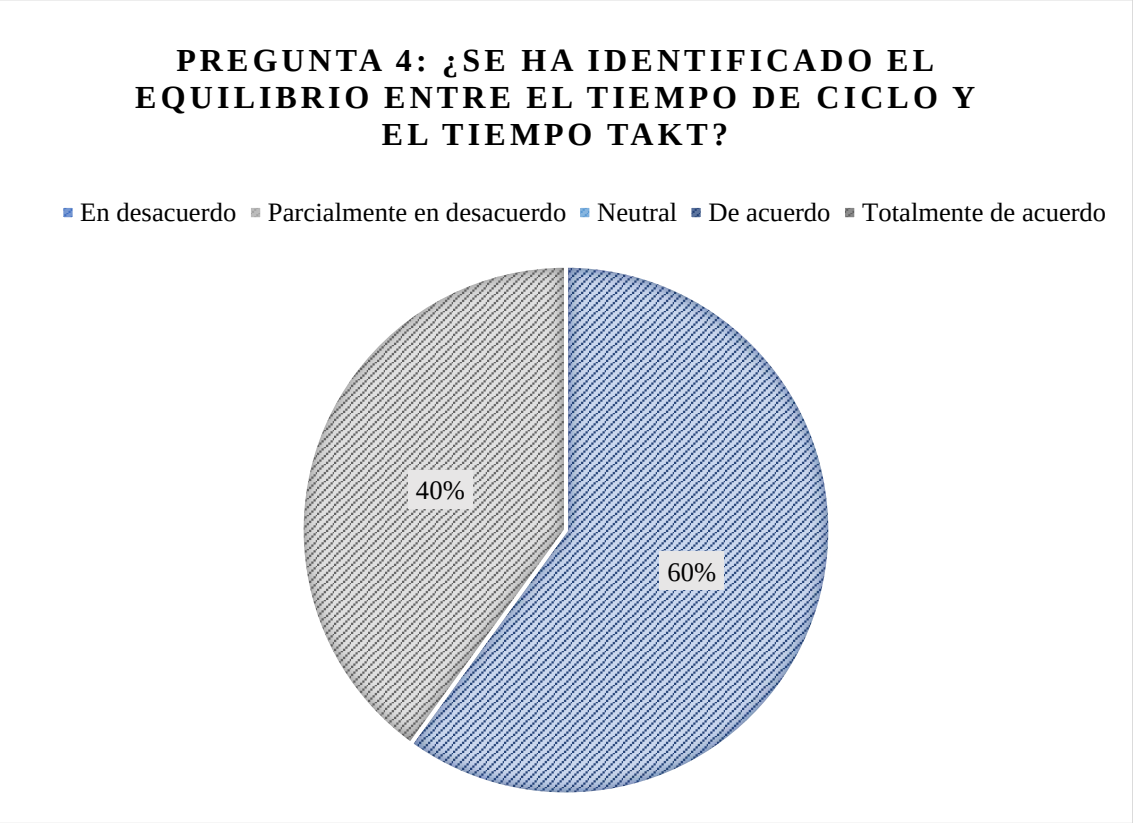
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 3: ¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt (Takt-time) programado?*, mostró los siguientes resultados.

En base a la existencia de desviaciones frecuentes respecto al Takt-Time programado en proyectos, el 27% apuntó a estar totalmente de acuerdo, mientras un 73% señaló estar simplemente de acuerdo con dicha pregunta.

Figura 12

Identificación del equilibrio entre tiempo de ciclo y Takt-Time.



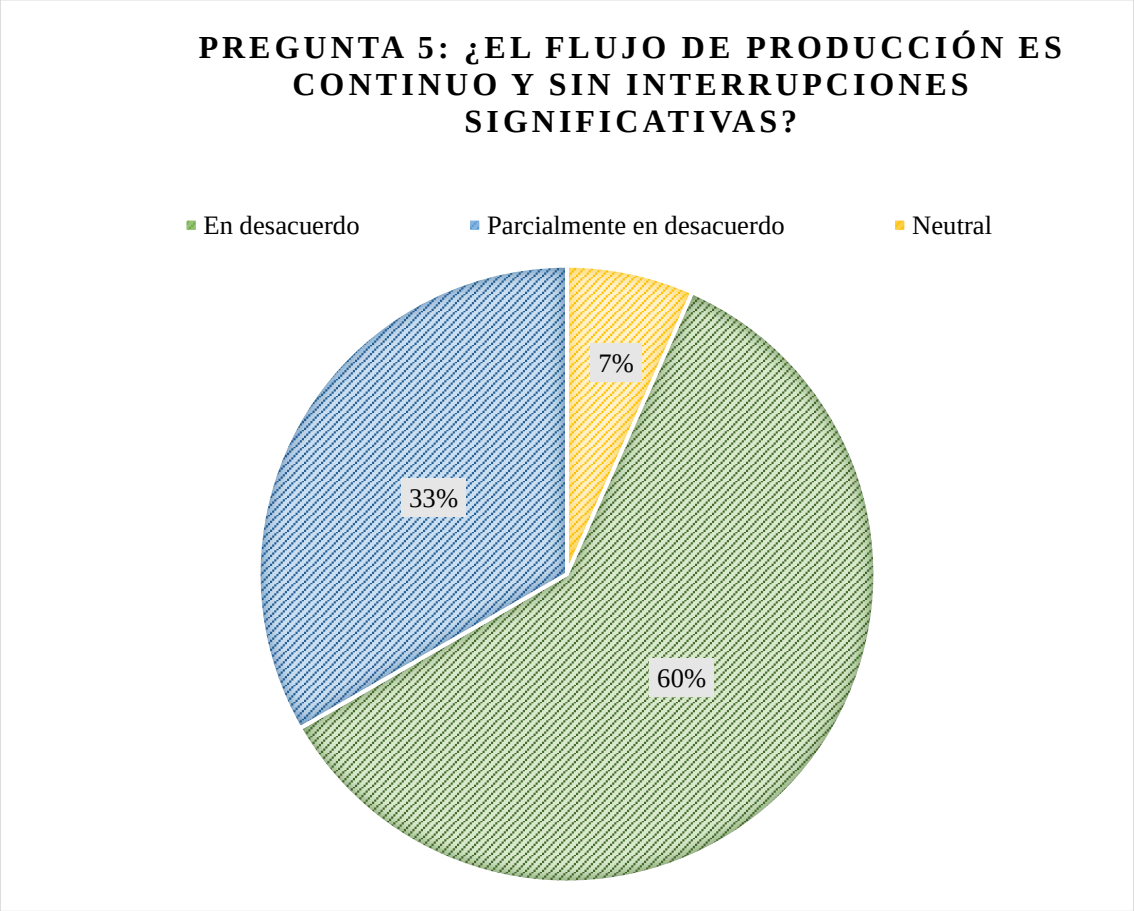
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: “En desacuerdo”, “parcialmente en desacuerdo”, “Neutral”, “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 4: ¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt (Takt-time) ?,* mostró los siguientes resultados.

Se preguntó a los investigadores sobre la existencia de un equilibrio entre el tiempo de ciclo y el Takt-Time, dónde se obtuvo por parte de los entrevistados que un 40% estuvieron totalmente de acuerdo y un 60% de estos estuvieron de acuerdo.

Figura 13

Gráfico circular sobre el flujo continuo de actividades sin interrupciones.



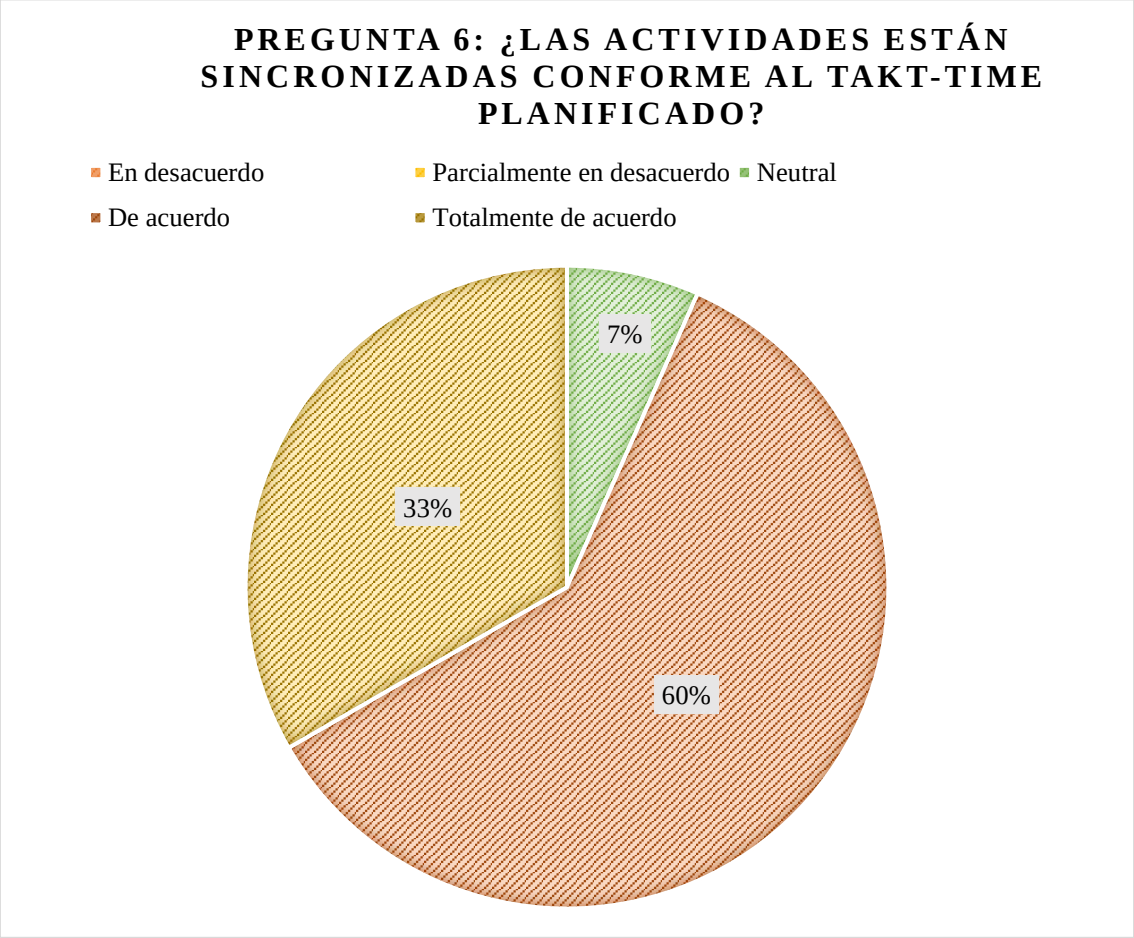
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 5: ¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?*, mostró los siguientes resultados.

Para los expertos, en la pregunta sobre el flujo de producción, para saber si este es continuo sin la existencia de interrupciones; se obtuvo que un 33% estuvo acuerdo con la premisa planteada, mientras que el 60% estuvo simplemente de acuerdo y un 7% de los expertos se mantuvo neutral frente a la pregunta planteada.

Figura 14

Gráfico circular sobre la sincronización de actividades y el Takt-Time.



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 6: ¿las actividades están sincronizadas conforme al Takt-time planificado?*, mostró los siguientes resultados.

El 33% de los expertos indicó que las actividades del proyecto están totalmente sincronizadas con el Takt-Time planificado, el 60% señaló estar de acuerdo con dicha idea y el 7% no confirmó si la existencia de sincronía entre ambos existe, manteniéndose con una postura neutral frente a la pregunta.

b. Dimensión Carta Balance

En base a los indicadores que tratan: el porcentaje productivo y el porcentaje de trabajo no contributivo. Los 15 expertos eligieron en la escala de Likert entre el valor de 1 al 5, respetando los mismos parámetros que la primera dimensión que tuvo como eje central a la Carta Balance. Las 4 preguntas planteadas fueron las siguientes.

- ¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?
- ¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?
- ¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?
- ¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?

Se muestra de esta forma, el siguiente cuadro recopilando las expuestas de los expertos y su respectivo análisis de cada una de las preguntas planteadas a los profesionales en cuestión.

Figura 15

Datos recopilados de la encuesta Likert para la Dimensión Carta Balance.

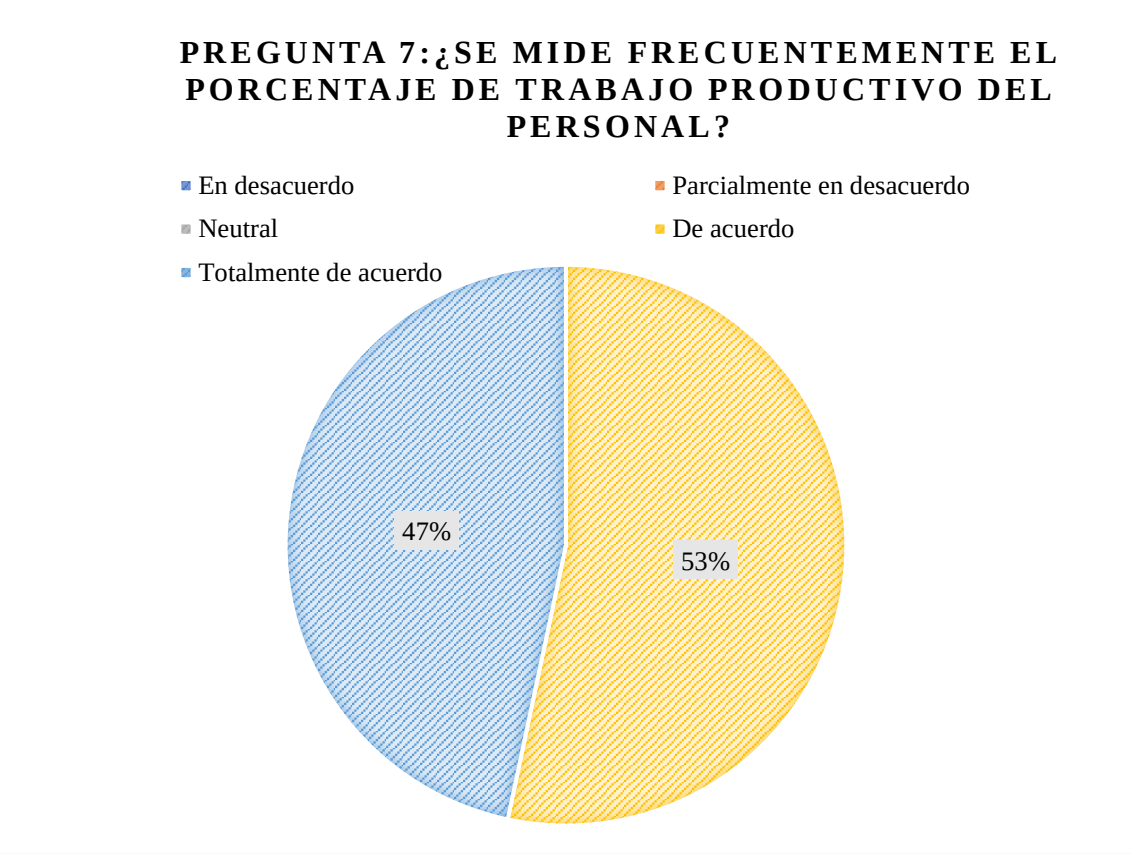
	Dimensión: Carta Balance			
	Ind. Porcentaje de trabajo productivo		Ind. Porcentaje de trabajo no contributivo	
ESPECIALISTA	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?
1	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	Totalmente de acuerdo
2	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Neutral	Neutral
3	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral
4	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Neutral	De acuerdo
5	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Neutral
6	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral
8	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Neutral
9	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral
10	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Neutral
11	De acuerdo	De acuerdo	Neutral	De acuerdo
12	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Neutral	De acuerdo
13	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
14	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
15	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo

VALORACIÓN	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?
En desacuerdo	0	0	0	0
Parcialmente en desacuerdo	0	0	0	0
Neutral	0	0	6	6
De acuerdo	8	6	8	8
Totalmente de acuerdo	7	9	1	1
Total	**15**	**15**	**15**	**15**

Las respuestas de los 15 expertos fueron trabajadas en un software estadístico como SPSS de la misma forma que la primera dimensión planteada previamente. Dichas respuestas a la hora de ser compiladas se basaron en el orden de los entrevistados y respetando lo marcado por cada especialista es que se obtuvo los siguientes gráficos circulares.

Figura 16

Medición frecuente del porcentaje productivo del personal en el proyecto.



Fuente: Elaboración propia

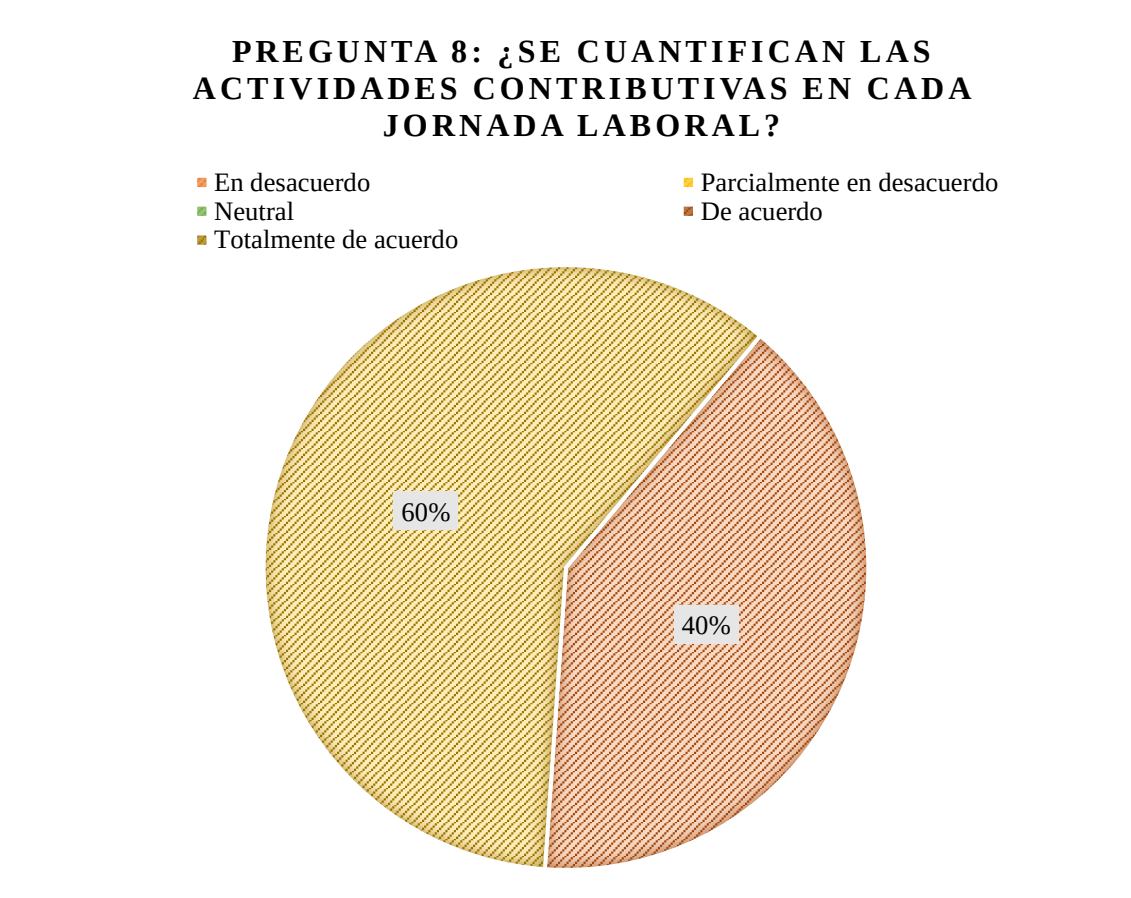
Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 7: ¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?*, mostró los siguientes resultados.

Un 47% de los expertos estuvo totalmente de acuerdo con la idea de medir frecuentemente el porcentaje de trabajo realizado por el personal, mientras que el 53%

estuvo simplemente de acuerdo, evidenciando así por parte de todos los profesionales la importancia de la medición y control del avance del proyecto.

Figura 17

Contabilidad de las actividades contribuyentes para cada jornada.



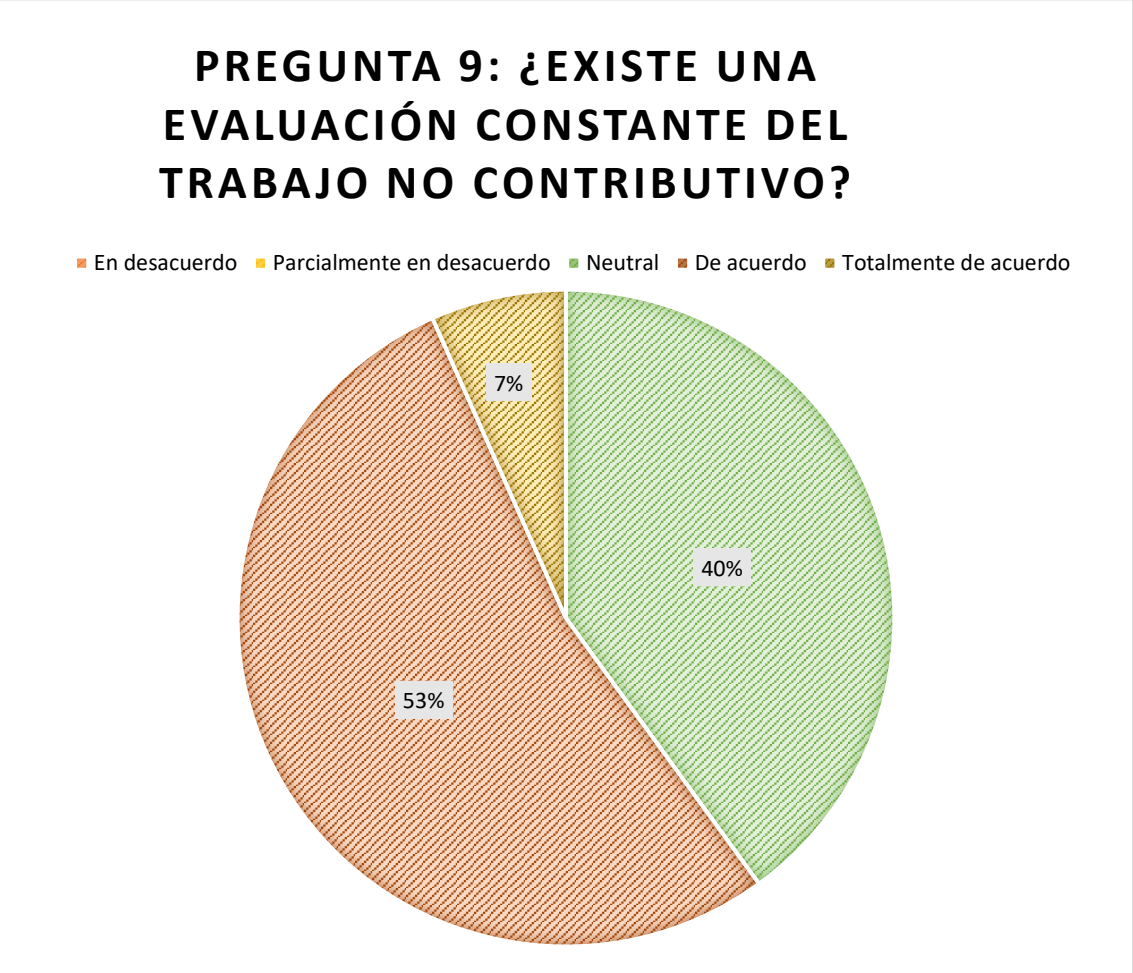
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 8: ¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?*, mostró los siguientes resultados.

Un 60% de los expertos admitió de forma rotunda la importancia de la medición de las actividades contributivas en las jornadas laborales; mientras que el 40% señaló su importancia a un nivel moderado, estando de acuerdo con la idea planteada.

Figura 18

Gráfico sobre la evaluación constante del trabajo no contributivo.

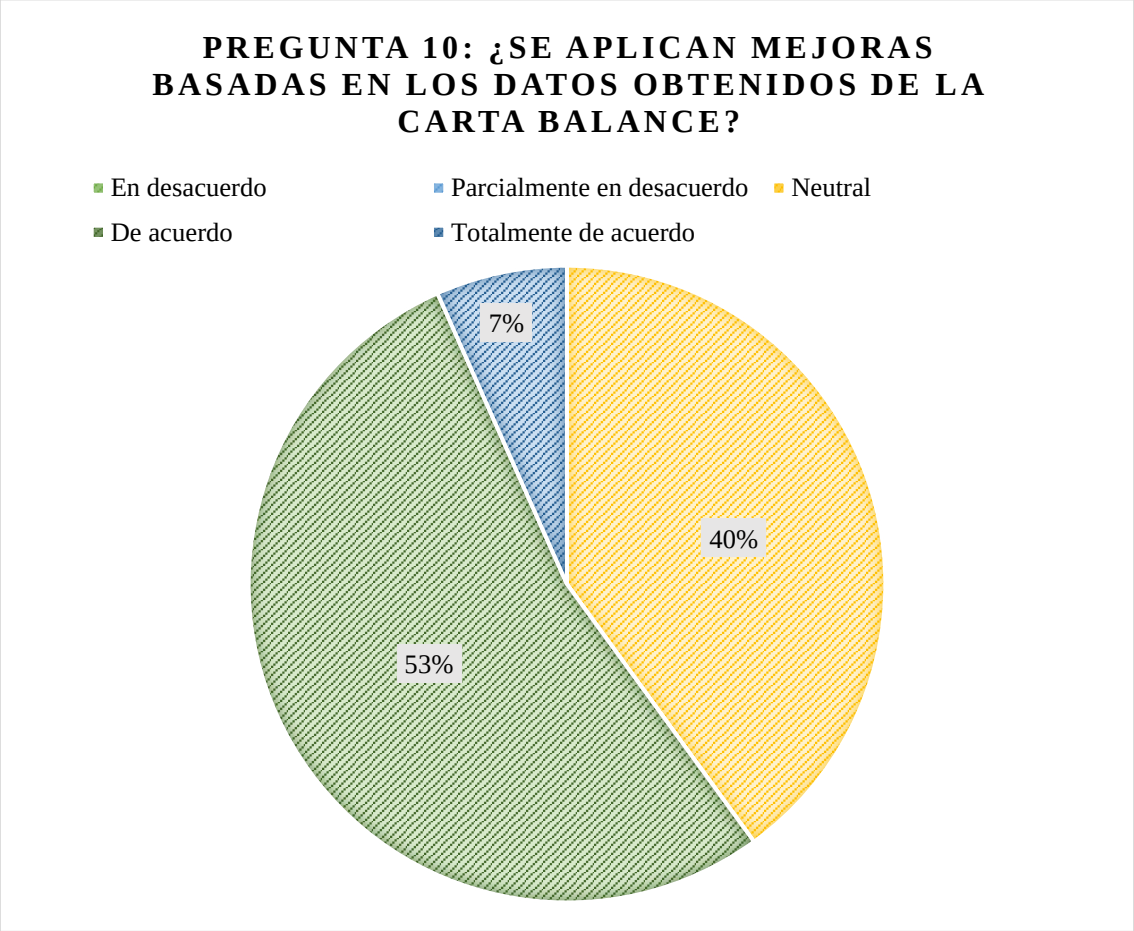


Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 9: ¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?*, mostró los siguientes resultados.

En cuanto a la evaluación constante sobre el trabajo no contributivo existente en obra, el 7% de los expertos estuvo totalmente de acuerdo con que se realice dicho control, el 53% señaló estar simplemente de acuerdo con realizar dicho seguimiento, mientras que el 40% se mantuvo neutral frente al control de dichos trabajos.

Figura 19

Gráfico sobre la aplicación de mejoras basadas en datos de la Carta Balance.



Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 10: ¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?*, mostró los siguientes resultados.

Las respuestas de los expertos en base a la aplicación de mejoras luego de haber obtenido datos sobre la Carta Balance señalaron que un 7% estuvo totalmente de acuerdo con dicha idea, el 53% apuntó a estar de acuerdo con dicha aplicación y el 40% prefirió mantenerse neutral sobre la pregunta planteada.

c. Dimensión de la de Riesgos

En base a los indicadores de: identificación de riesgos y el monitoreo y control de eventos del mismo tipo, se observa que los 15 expertos eligieron en la escala de Likert entre el valor de 1 al 5, respetando los mismos parámetros que la primera dimensión que tuvo como eje central la gestión de riesgos. Las 4 preguntas planteadas fueron las siguientes.

- ¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?
- ¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?
- ¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?
- ¿Se aplica la gestión de riesgos como guía en la gestión de riesgos y tiempos?

Se muestra así, el siguiente cuadro recopilando las expuestas de los expertos y su respectivo análisis de cada una de las preguntas planteadas a los profesionales en cuestión.

Figura 20

Datos recopilados de la encuesta Likert para la Dimensión Gestión de Riesgos.

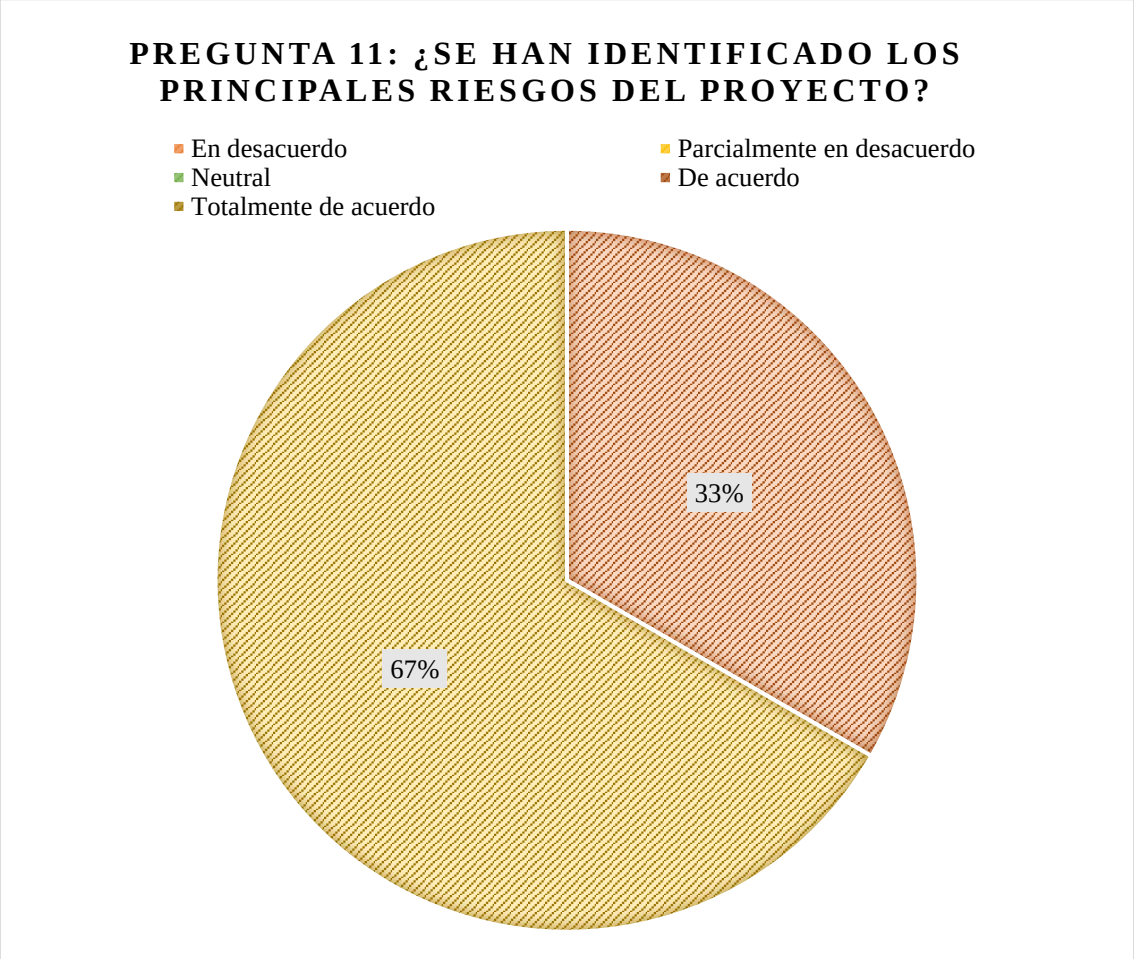
	Ind. Identificación de proyectos		Ind. Monitero y control de eventos de riesgos	
ESPECIALISTA	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?
1	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	Totalmente de acuerdo
2	De acuerdo	En desacuerdo	Neutral	Neutral
3	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral
4	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Neutral	De acuerdo
5	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Neutral
6	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
8	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
9	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
10	De acuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Neutral	De acuerdo
11	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
12	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
13	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Neutral	En desacuerdo
14	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
15	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo

VALORACIÓN	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?
En desacuerdo	0	2	0	1
Parcialmente en desacuerdo	0	1	0	0
Neutral	0	0	6	3
De acuerdo	5	8	9	9
Totalmente de acuerdo	10	4	0	2
Total	**15**	**15**	**15**	**15**

El tratamiento de las respuestas recopiladas pasó por el software SPSS y con herramientas para darle un orden como los es Microsoft Excel, los gráficos de a continuación son el resumen de las respuestas marcadas por los profesionales entrevistados para cada pregunta planteada.

Figura 21

Gráfico sobre la identificación de los principales riesgos del proyecto.

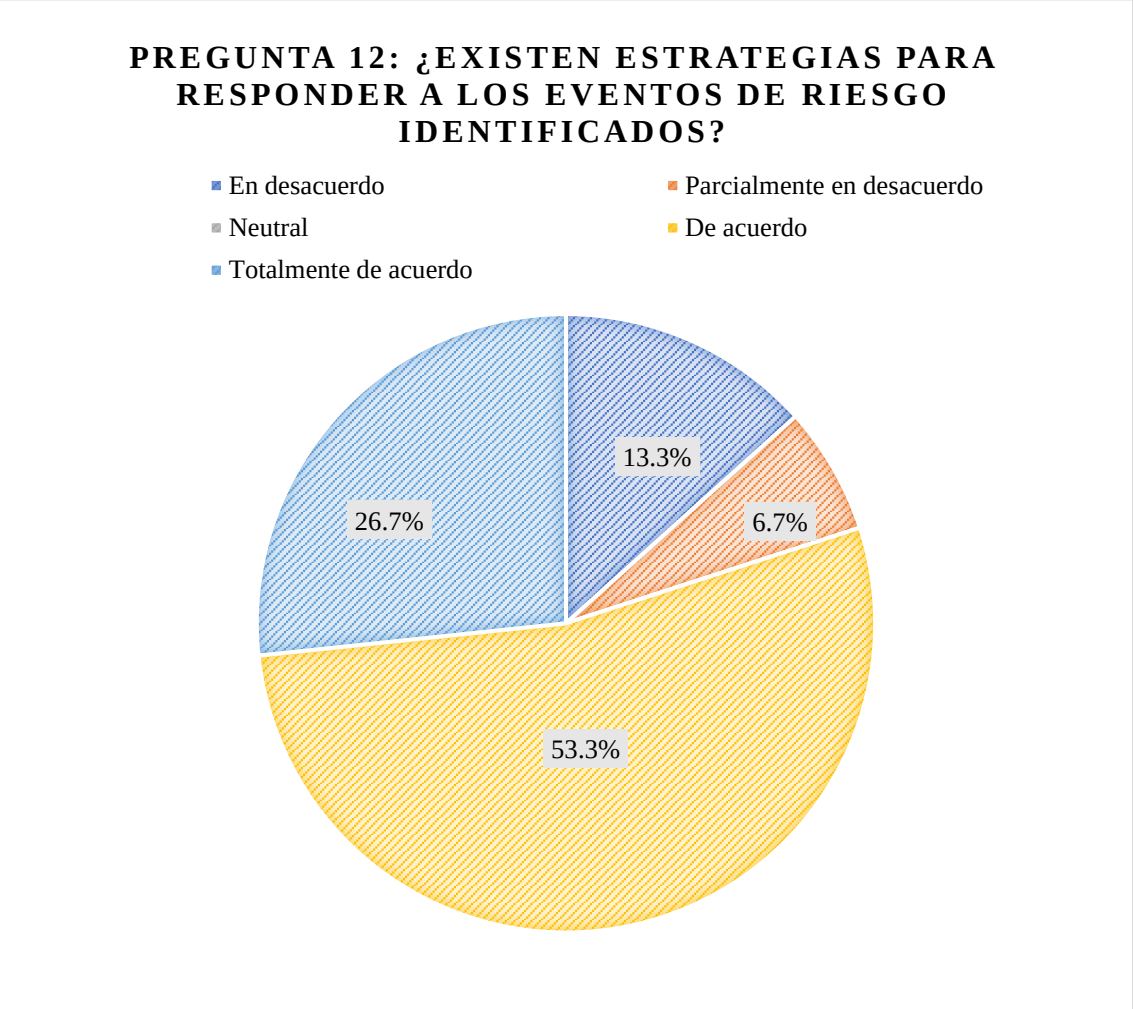


Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 11: ¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?*, mostró los siguientes resultados.

Para la evaluación de los profesionales y la identificación de principales riesgos, el 67% de los expertos indicó que sí realiza la acción durante las actividades del proyecto; mientras que, el 33% señaló estar de acuerdo, demostrando que es un proceso rutinario, más no tiene la relevancia que con el primer grupo.

Figura 22

Gráfico sobre la existencia de estrategias para responder ante eventos de riesgos.

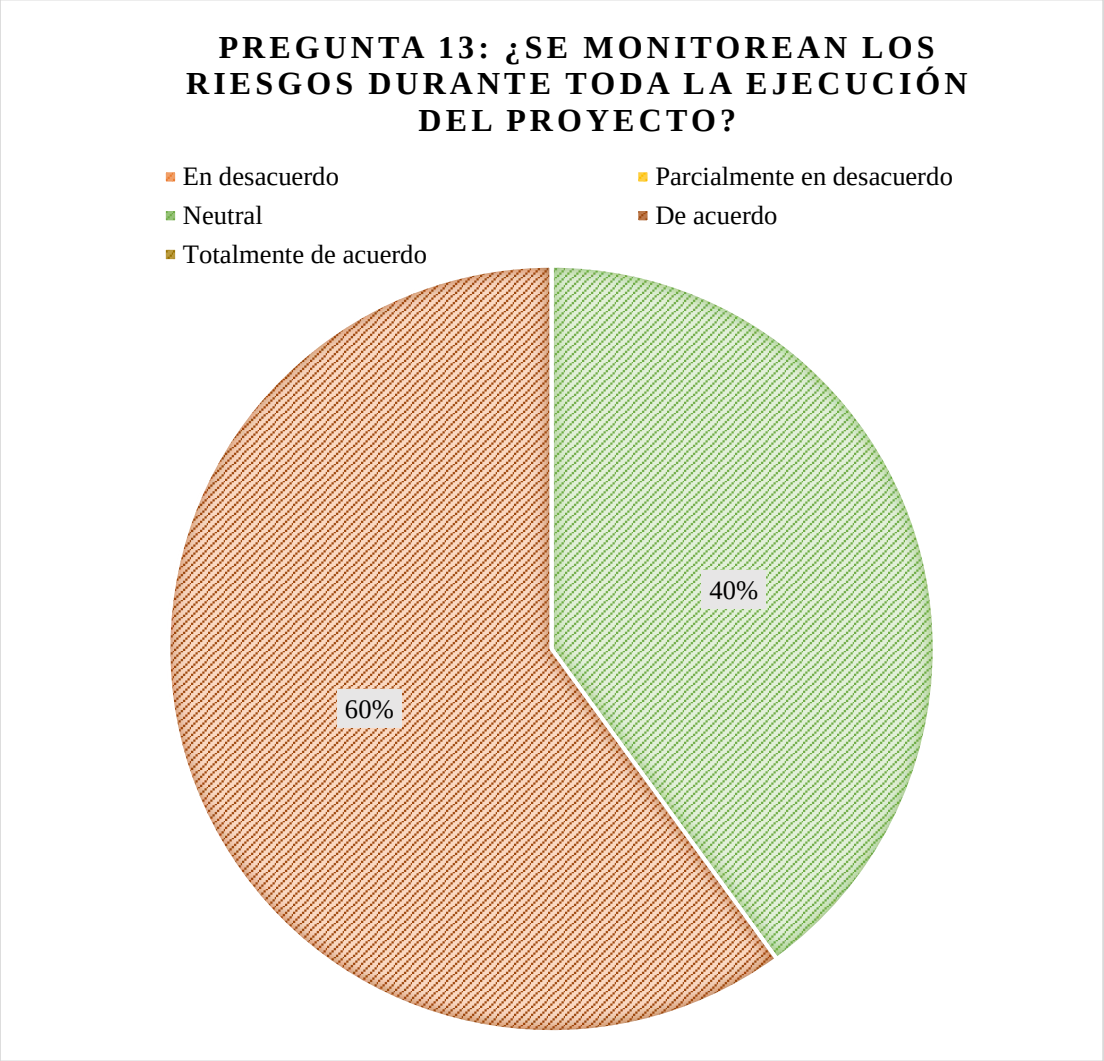


Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 12: ¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?*, mostró los siguientes resultados.

Los expertos atendieron la duda sobre si implementan estrategias que surjan ante los eventos de riesgo; un 26.7% de los expertos estuvo totalmente de acuerdo con la implementación de dichas estrategias, el 53.3% comentó estar simplemente de acuerdo, un 6.7% indicó un desacuerdo parcial ante la pregunta y el 13.3% de los expertos se encuentra en total desacuerdo ante la aplicación de estrategias ante el surgimiento de riesgos.

Figura 23

Gráfico sobre la aplicación de monitoreos de los riesgos durante la ejecución.

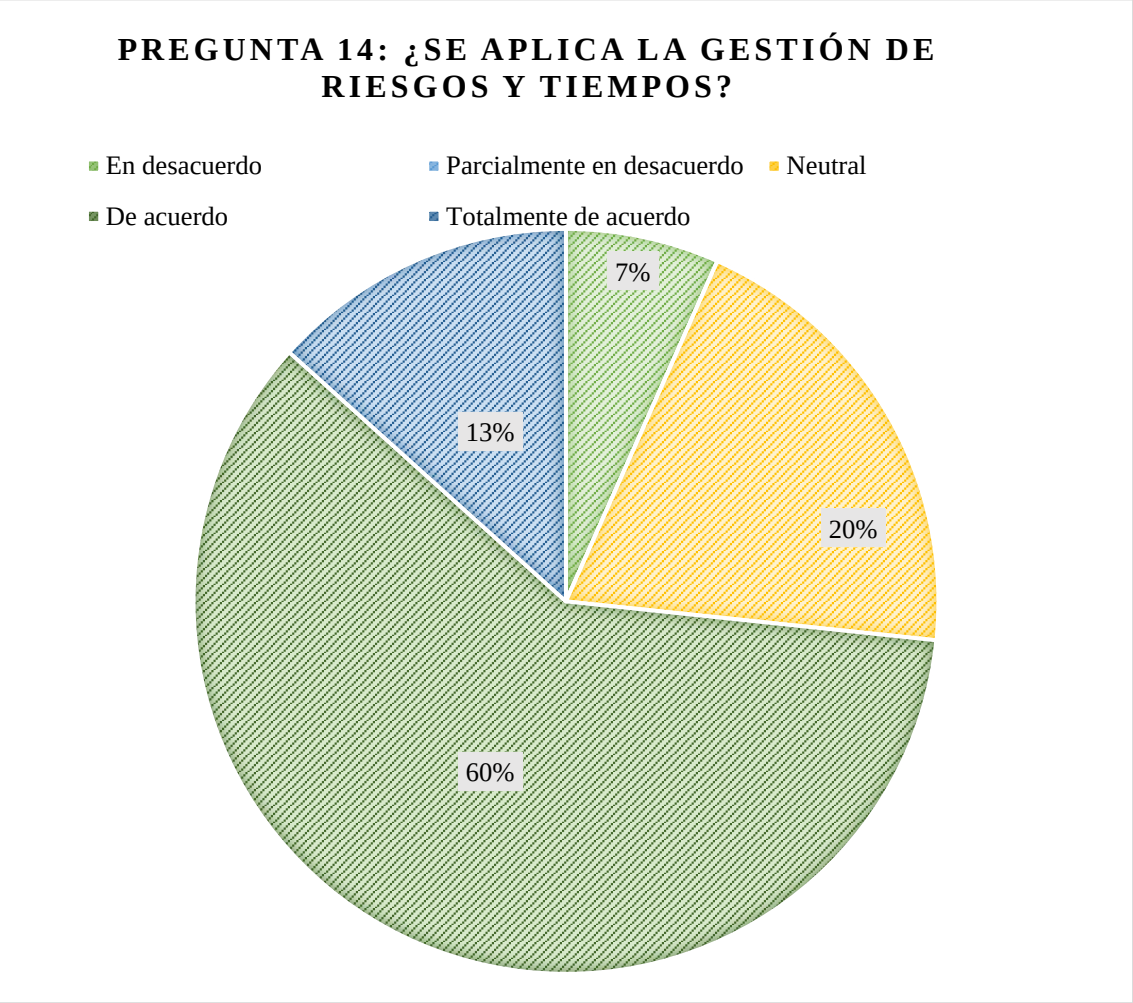


Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 13: ¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?*, mostró los siguientes resultados.

Para la pregunta a los expertos sobre si estos realizan monitoreos de los riesgos durante la ejecución de del proyecto, el 60% de los expertos se encontraron de acuerdo con la aplicación de dichos seguimientos; por otra parte, el 40% de los profesionales se encuentran en un punto neutral frente a la pregunta.

Figura 24

Gráfico sobre la aplicación de la gestión de riesgos y tiempos.



Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 14: ¿Se aplica la gestión de riesgos y tiempos?*, mostró los siguientes resultados.

Para saber la opinión de los expertos sobre la aplicación de la gestión de riesgos en el proyecto en lo referente a la gestión de riesgos y cumplimiento de tiempos; el 13% indicó que está totalmente de acuerdo con la aplicación de dicha gestión, el 60% estuvo simplemente de acuerdo, el 20% tomó una postura neutral en base a la pregunta y el 7% se encontró en total desacuerdo en torno a aplicación de una metodología relacionada al control y gestión de riesgos.

d. Dimensión sobre el rendimiento del personal

En base a los indicadores de: identificación de riesgos, el monitoreo y control de eventos de la misma índole; se observó que los 15 expertos eligieron en la escala de Likert entre el valor de 1 al 5, respetando los mismos parámetros que la primera dimensión que tuvo como eje central el rendimiento del personal. Las 2 preguntas planteadas fueron las siguientes.

- ¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?
- ¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?

En consecuencia, se muestra el siguiente cuadro recopilando las expuestas de los expertos y su respectivo análisis de cada una de las preguntas planteadas a los profesionales en cuestión.

Figura 25

Datos de la encuesta Likert para la Dimensión sobre el rendimiento del personal.

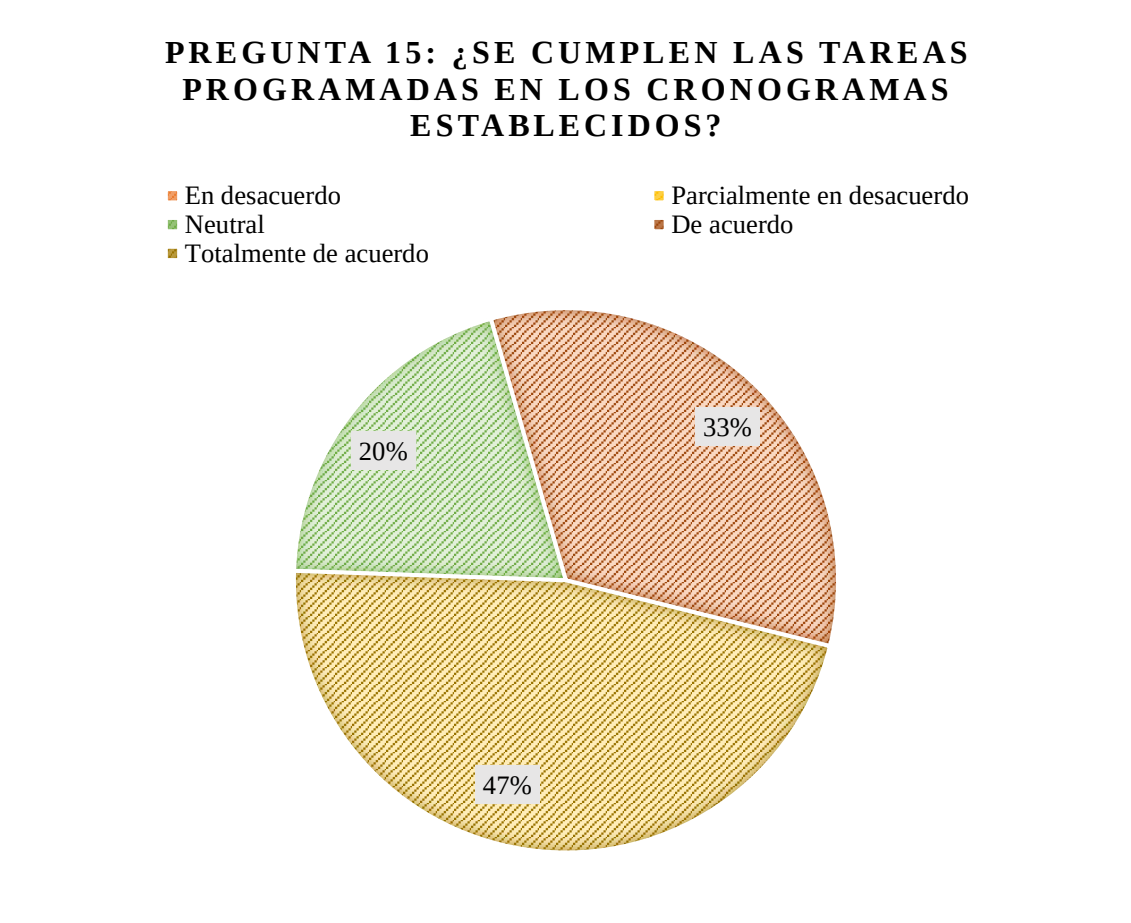
	Dimensión: Rendimiento del Personal	
	Ind. Tareas programas vs tareas completadas	
ESPECIALISTA	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?
1	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
2	Neutral	Neutral
3	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
4	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
5	De acuerdo	De acuerdo
6	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
8	De acuerdo	De acuerdo
9	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
10	Neutral	Neutral
11	De acuerdo	De acuerdo
12	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
13	Neutral	Neutral
14	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
15	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

VALORACIÓN	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?
En desacuerdo	0	0
Parcialmente en desacuerdo	0	0
Neutral	3	3
De acuerdo	5	5
Totalmente de acuerdo	7	7
Total	**15**	**15**

Con los datos recopilados y analizados en software como SPSS y mediante Microsoft Excel para la gestión de estos se generaron los siguientes gráficos.

Figura 26

Gráfico sobre el cumplimiento de las tareas programados.

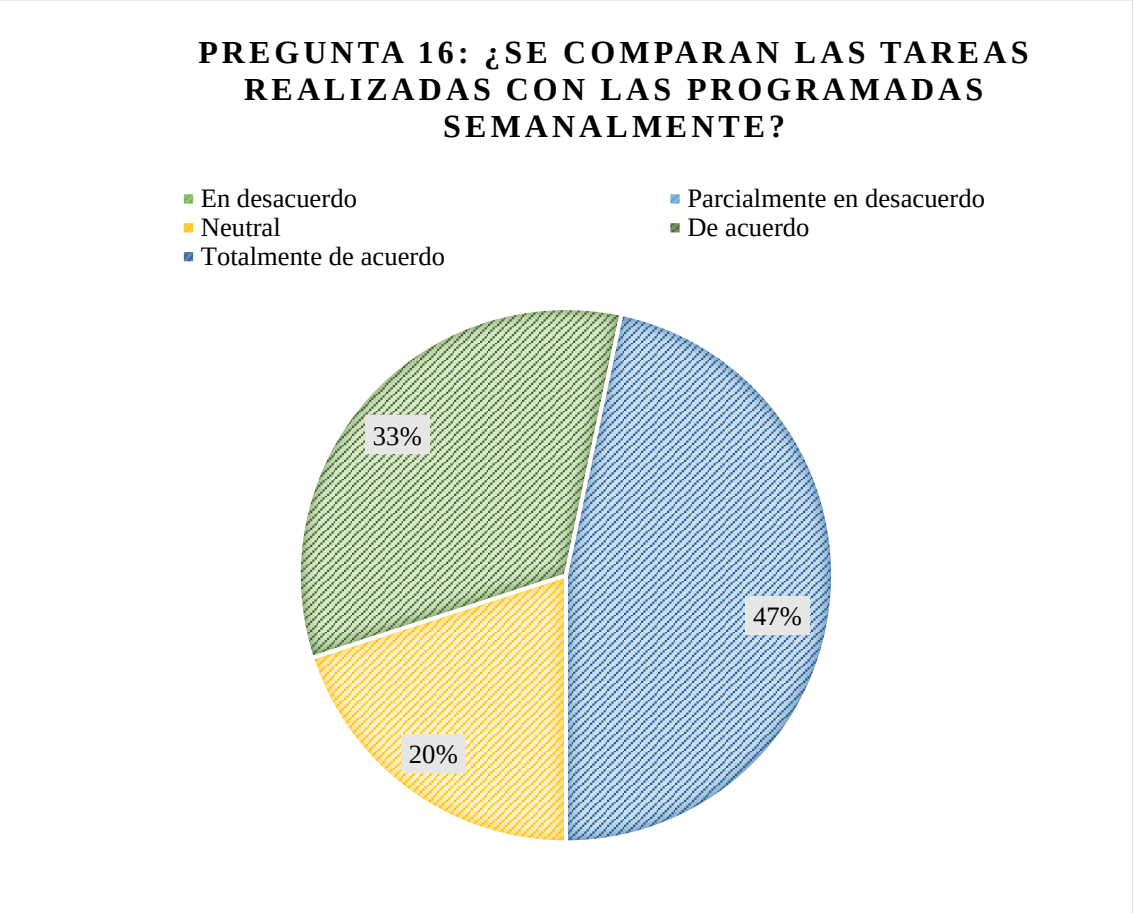


Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 15: ¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?*, mostró los siguientes resultados.

En torno a la pregunta sobre el cumplimiento de tareas programadas, un 47% se encontró totalmente de acuerdo, afirmando de esta forma que los profesionales expertos cumplen con los cronogramas establecidos; un 33% estuvo de acuerdo con la pregunta, dando a entender que un tercio del grupo cumple, pero no lo considera altamente relevante. El 20% de los expertos respondieron con una postura neutral frente a la pregunta.

Figura 27

Gráfico sobre la comparación de tareas realizadas con las programadas.



Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 16: ¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?*, mostró los siguientes resultados.

Un 47% de los expertos indicaron estar totalmente de acuerdo con la comparación de actividades realizadas y programadas inicialmente, el 33% presentó una postura de afirmación, pero denota que no es algo relevante para ellos y el 20% mantuvo una postura neutral, demostrando el poco interés sobre el tema.

e. Dimensión sobre el uso eficiente del tiempo

En base a los indicadores de: identificación, monitoreo y control de eventos riesgosos. Los 15 expertos eligieron en la escala de Likert entre el valor de 1 al 5, respetando los mismos parámetros que la primera dimensión que tuvo como eje central el uso eficiente del tiempo. Las 2 preguntas planteadas fueron las siguientes.

- ¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?
- ¿Se evalúan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?

En consecuencia, se muestra el siguiente cuadro recopilando las expuestas de los expertos y su respectivo análisis de cada una de las preguntas planteadas a los profesionales en cuestión.

Figura 28

Datos de la encuesta Likert para la Dimensión sobre el uso eficiente del tiempo.

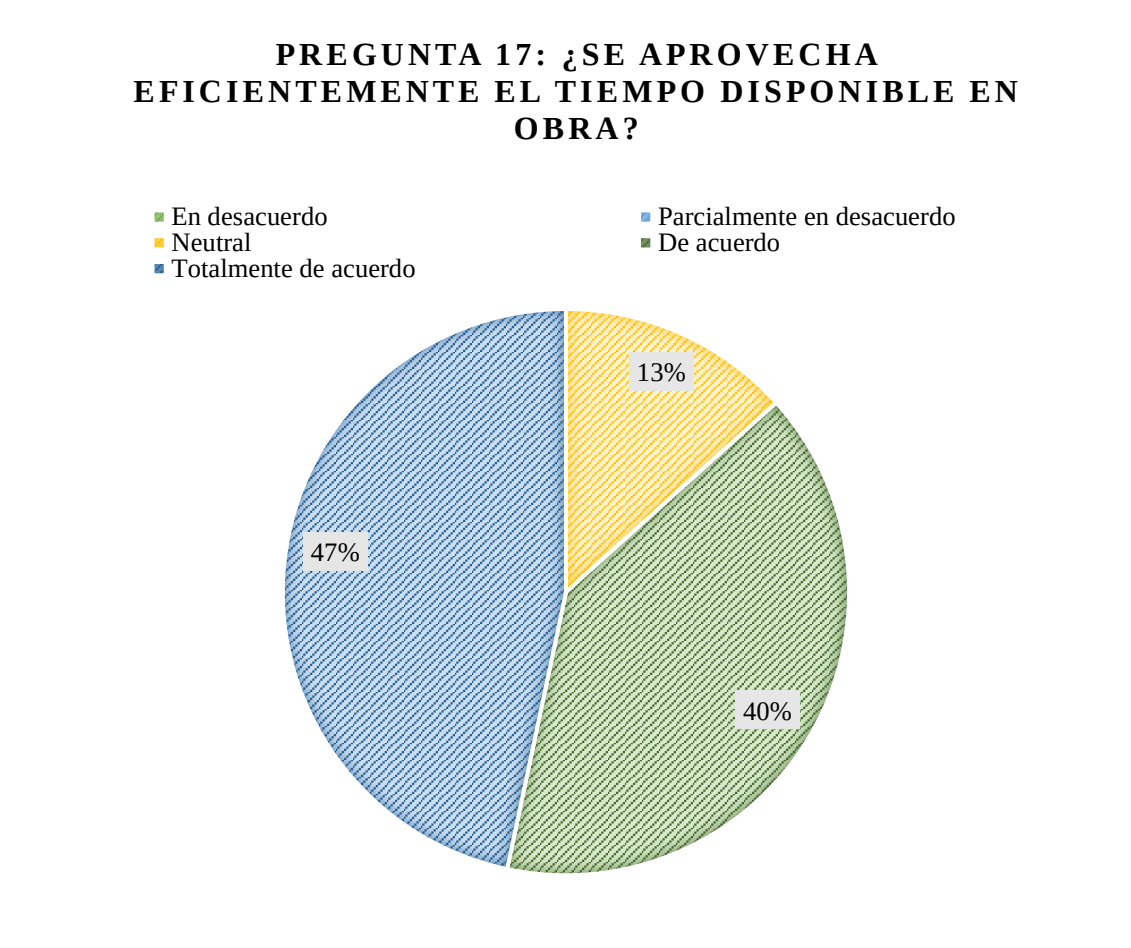
	Dimensión: Uso eficiente del tiempo	
	Ind. Horas efectivas trabajadas vs. horas diarias disponibles	Ind. Evaluación del tiempo en actividades no contributivas
ESPECIALISTA	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?
1	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
2	De acuerdo	Neutral
3	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
4	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
5	De acuerdo	De acuerdo
6	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
8	De acuerdo	De acuerdo
9	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
10	Neutral	En desacuerdo
11	De acuerdo	De acuerdo
12	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
13	Neutral	Neutral
14	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
15	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

VALORACIÓN	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?
En desacuerdo	0	1
Parcialmente en desacuerdo	0	0
Neutral	2	2
De acuerdo	6	5
Totalmente de acuerdo	7	7
Total	15	15

Con los datos recopilados y analizados en software como SPSS y mediante Microsoft Excel para la gestión de estos se generaron los siguientes gráficos entorno a las preguntas planteadas.

Figura 29

Gráfico sobre el aprovechamiento eficiente del tiempo disponible en obra.



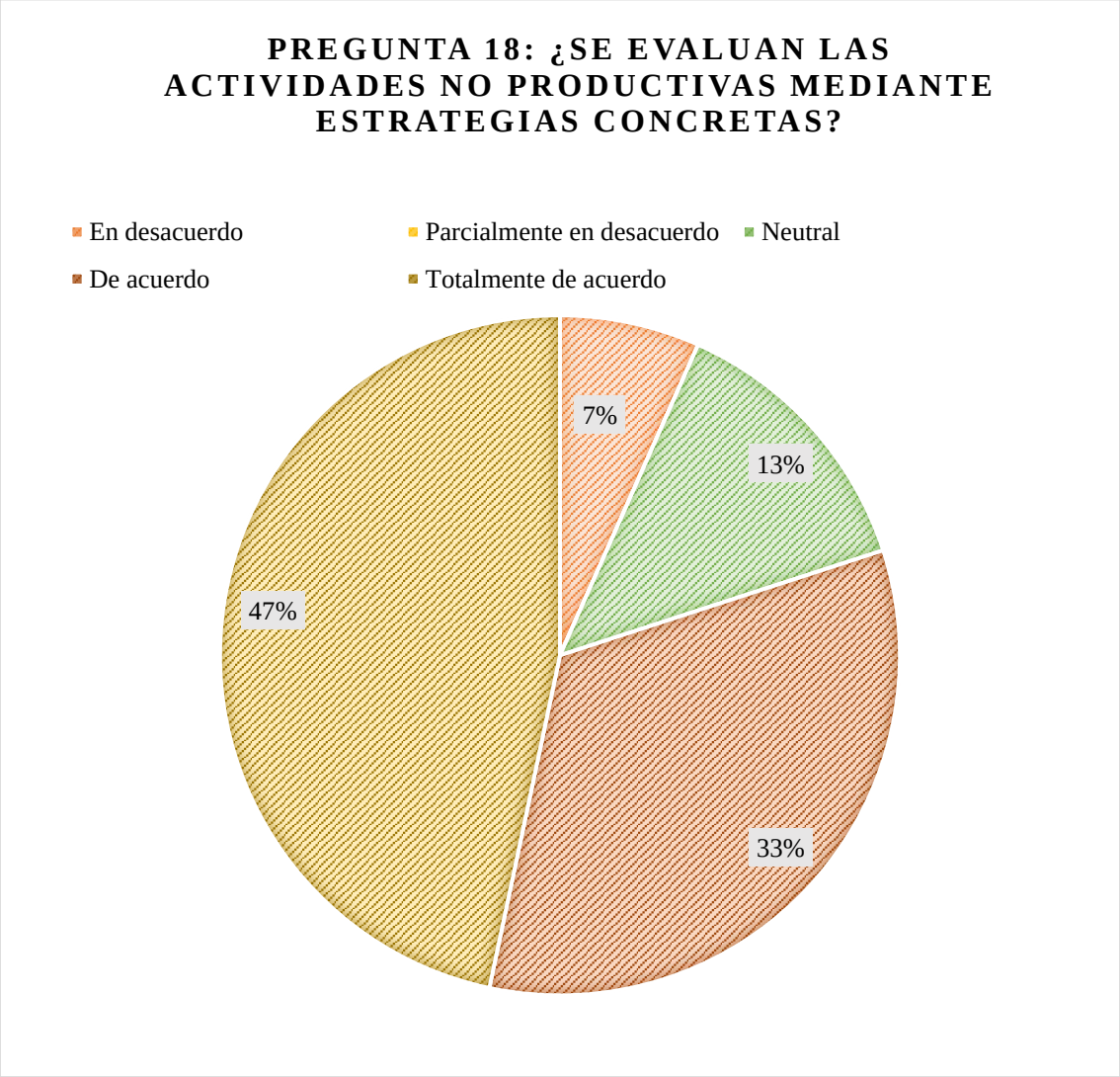
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 17: ¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?*, mostró los siguientes resultados.

El 47% de los expertos señaló estar totalmente de acuerdo con la importancia de aprovechar el tiempo disponible en obra, un 40% de los expertos presentó estar de acuerdo y por ello demuestra un correcto aprovechamiento, más no un excelente como el primer grupo y un 13% se mantuvo en una postura neutral frente al uso correcto del tiempo en las jornadas laborales.

Figura 30

Gráfico sobre la evaluación de actividades gracias a estrategias concretas.



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 18: ¿Se evalúan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?*, mostró los siguientes resultados.

Un 47% de los expertos opinó que es verdad y efectiva la evaluación de actividades en base a estrategias concretas, un 33% estuvo de acuerdo con dicha implementación de estrategias, un 13% mantuvo una postura neutral sobre dicho uso y un 7% se encontró en desacuerdo con dicha implementación.

f. Dimensión del Cumplimiento del cronograma

En base a los indicadores de: identificación de proyectos y el monitoreo y control de eventos de riesgos. Los 15 expertos eligieron en la escala de Likert entre el valor de 1 al 5, respetando los mismos parámetros que la primera dimensión que tuvo como eje central el cumplimiento del cronograma. Las 2 preguntas planteadas fueron las siguientes.

- ¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?
- ¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?

En consecuencia, se muestra el siguiente cuadro recopilando las expuestas de los expertos y su respectivo análisis de cada una de las preguntas planteadas a los profesionales en cuestión.

Figura 31

Datos de la encuesta Likert para la Dimensión sobre el uso eficiente del tiempo.

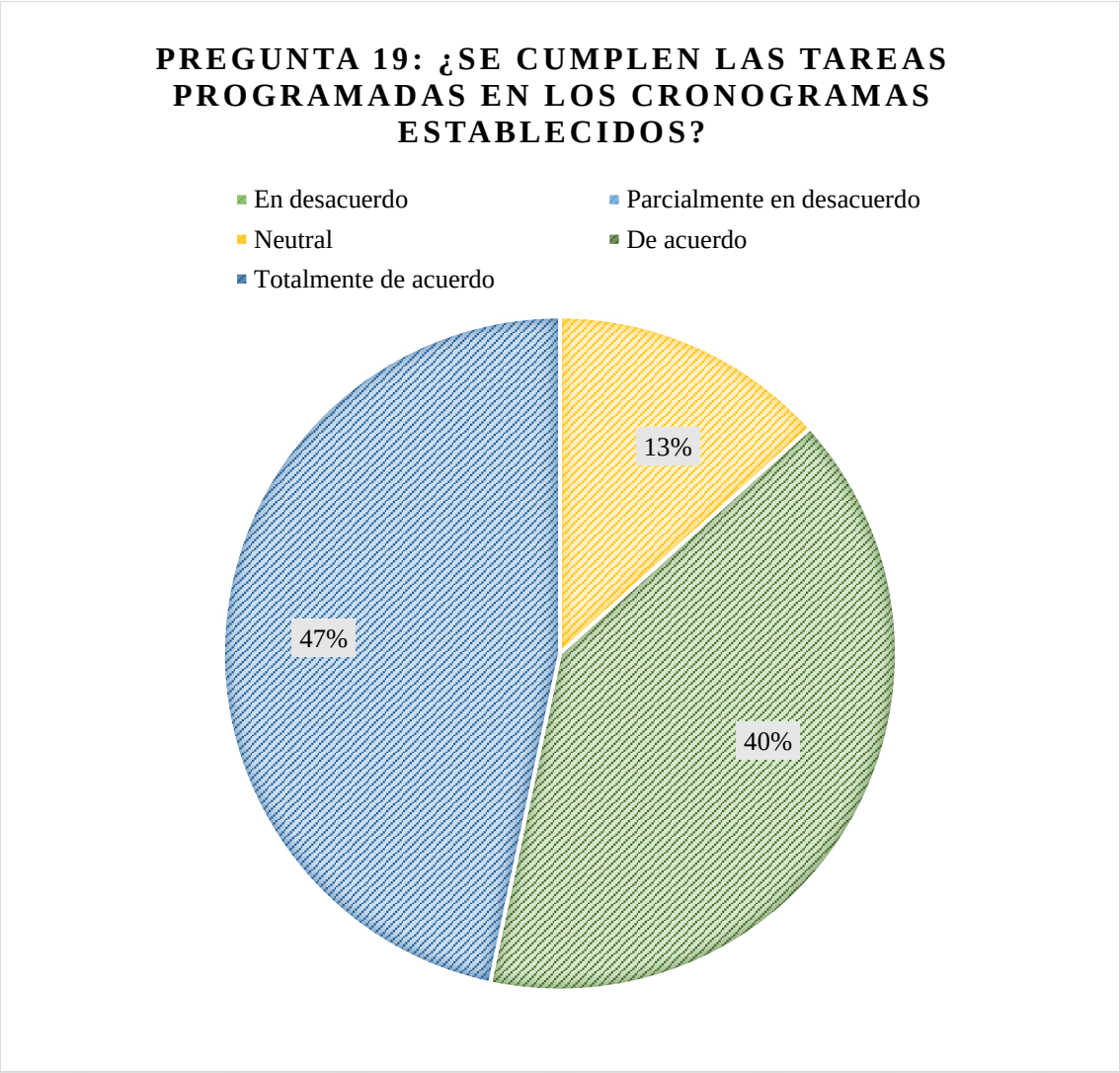
	Dimensión: Cumplimiento del cronograma	
	Ind. Comapración entre tiempos estiamdos y reales	Ind. Avance físico acumulado vs programado
ESPECIALISTA	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?
1	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
2	De acuerdo	De acuerdo
3	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
4	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
5	De acuerdo	De acuerdo
6	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
8	De acuerdo	De acuerdo
9	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
10	Neutral	Neutral
11	De acuerdo	De acuerdo
12	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
13	Neutral	Neutral
14	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
15	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

VALORACIÓN	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?
En desacuerdo	0	0
Parcialmente en desacuerdo	0	0
Neutral	2	2
De acuerdo	6	6
Totalmente de acuerdo	7	7
Total	**15**	**15**

Con los datos recopilados y analizados en software como SPSS y mediante Microsoft Excel para la gestión de estos se generaron los siguientes gráficos entorno a las preguntas planteadas.

Figura 32

Gráfico sobre el cumplimiento de las tareas programadas.



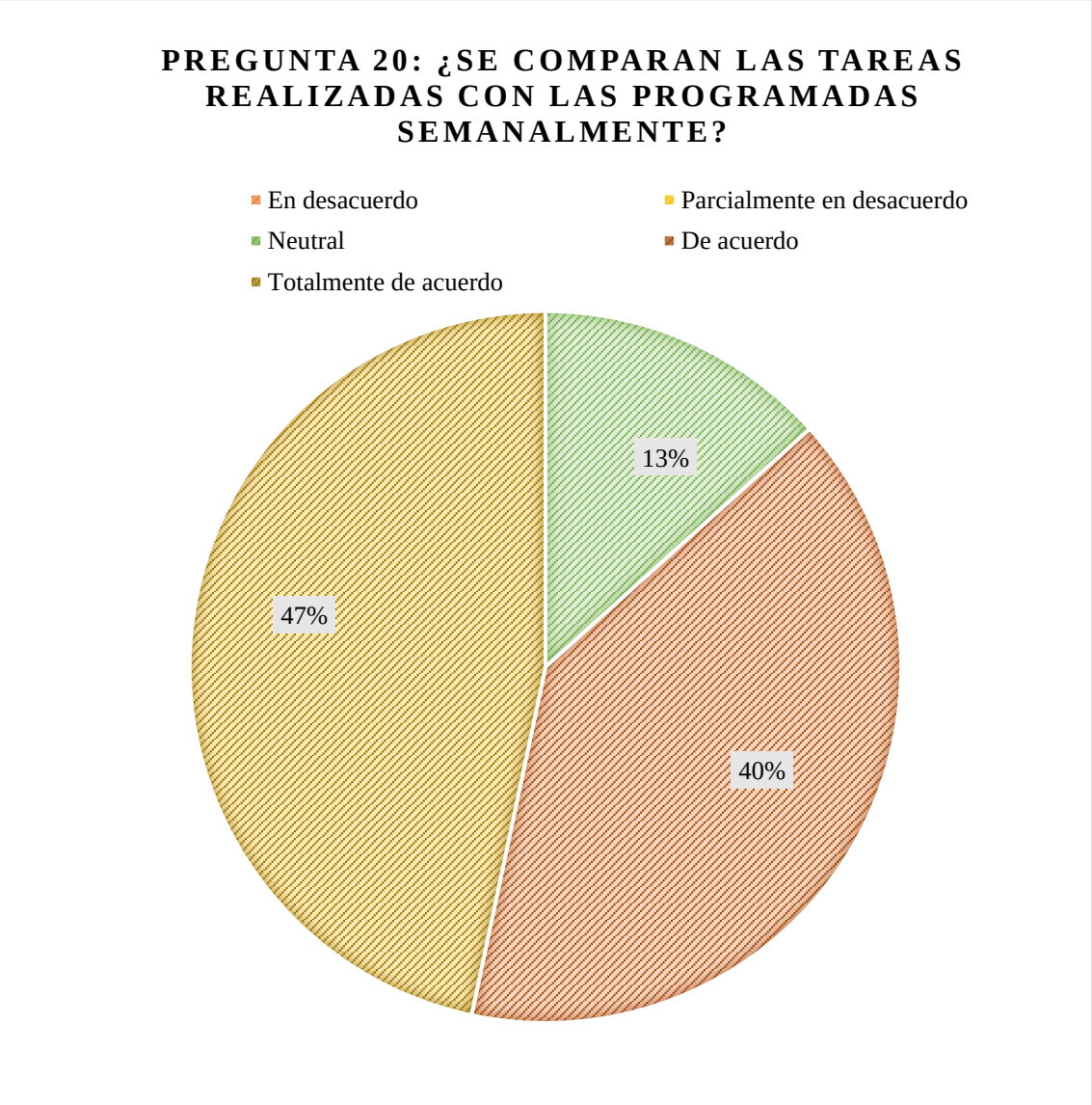
Fuente. Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: "En desacuerdo", "parcialmente en desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo" en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 19: ¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?*, mostró los siguientes resultados.

El 47% de los expertos estuvo totalmente de acuerdo con la idea de respetar los plazos establecidos en el programa, el 40% indicó estar simplemente de acuerdo; y el 13% restante de los expertos mantuvo una postura neutral frente a la pregunta.

Figura 33

Gráfico sobre la comparación en tarea realizadas con las programadas.



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos de: “En desacuerdo”, “parcialmente en desacuerdo”, “Neutral”, “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” en las encuestas con escala de Likert, los resultados fueron simplificados y representados en un gráfico circular para un rápido entendimiento, de esta forma la *pregunta 20: ¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?*, mostró los siguientes resultados.

Para el 47% de los expertos, la idea de realizar un seguimiento al avance físico acumulado frente al programado les fue totalmente idónea, para el 40% la idea fue adecuada pero no pareció tener gran relevancia como el primer grupo. Y finalmente, el 13% de los expertos se mantuvo en una postura neutral frente a la pregunta.

B. Respuesta de expertos – Segunda hoja

La finalidad de esta segunda hoja de encuestas destinada a los diferentes profesionales busca conocer su opinión y conocimiento sobre las herramientas Takt-Time, Carta Balance, Gestión de riesgos, rendimiento personal de los trabajadores, uso eficiente del tiempo y cumplimiento del cronograma. El tipo de encuesta aplicada para esta ronda es la del tipo cerrado.

a. Dimensión Takt-Time:

Tabla 21

Uso de herramienta de gestión.

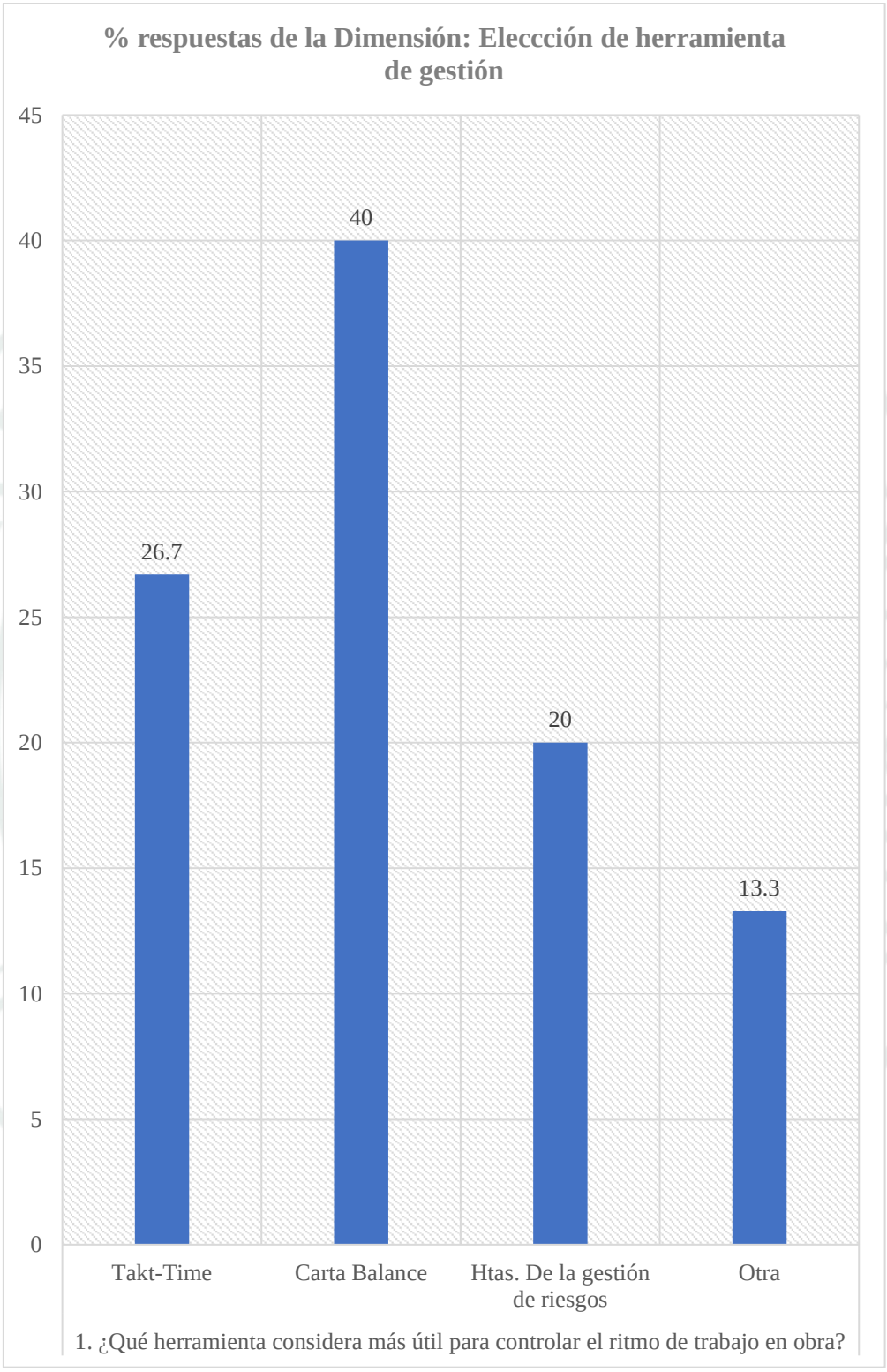
Preguntas:	Alternativas:	f	%
1. ¿Qué herramienta considera más útil para controlar el ritmo de trabajo en obra?	Takt-Time	4	26.7
	Carta Balance	6	40.0
	Htas. De la gestión de riesgos	3	20.0
	Otra	2	13.3
	Total	15	100.0

Fuente: Elaboración propia

Al indagar sobre el uso de herramientas de gestión, se determinó que, ante la pregunta ¿Qué herramienta considera más útil para controlar el ritmo de trabajo en obra?, el 40.0% de los expertos consideró el uso de Carta Balance, el 26.7% el uso del Takt–Time, el 20.0% la gestión de riesgos y el 13.3% otras herramientas.

Figura 34

Uso de herramienta de gestión.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Herramienta Takt–time.

Preguntas:	Alternativas:	f	%
2. ¿Cuál cree que es el principal beneficio del uso de Takt-Time?	Sincronización del trabajo	3	20
	Evitar retrasos	2	13.3
	Control visual	5	33.3
	No lo conozco	5	33.3
	Total	15	100
3. ¿Conoce el método Takt-Time?	Sí	5	33.3
	No	3	20
	He oído hablar	5	33.3
	Lo he aplicado	2	13.3
	Total	15	100
4. ¿Qué limitación encuentra al aplicar el método Takt-Time?	Desconocimiento del personal	4	26.7
	Falta de datos	3	20
	Resistencia al cambio	5	33.3
	Ninguna	3	20
	Total	15	100

Fuente: Elaboración propia

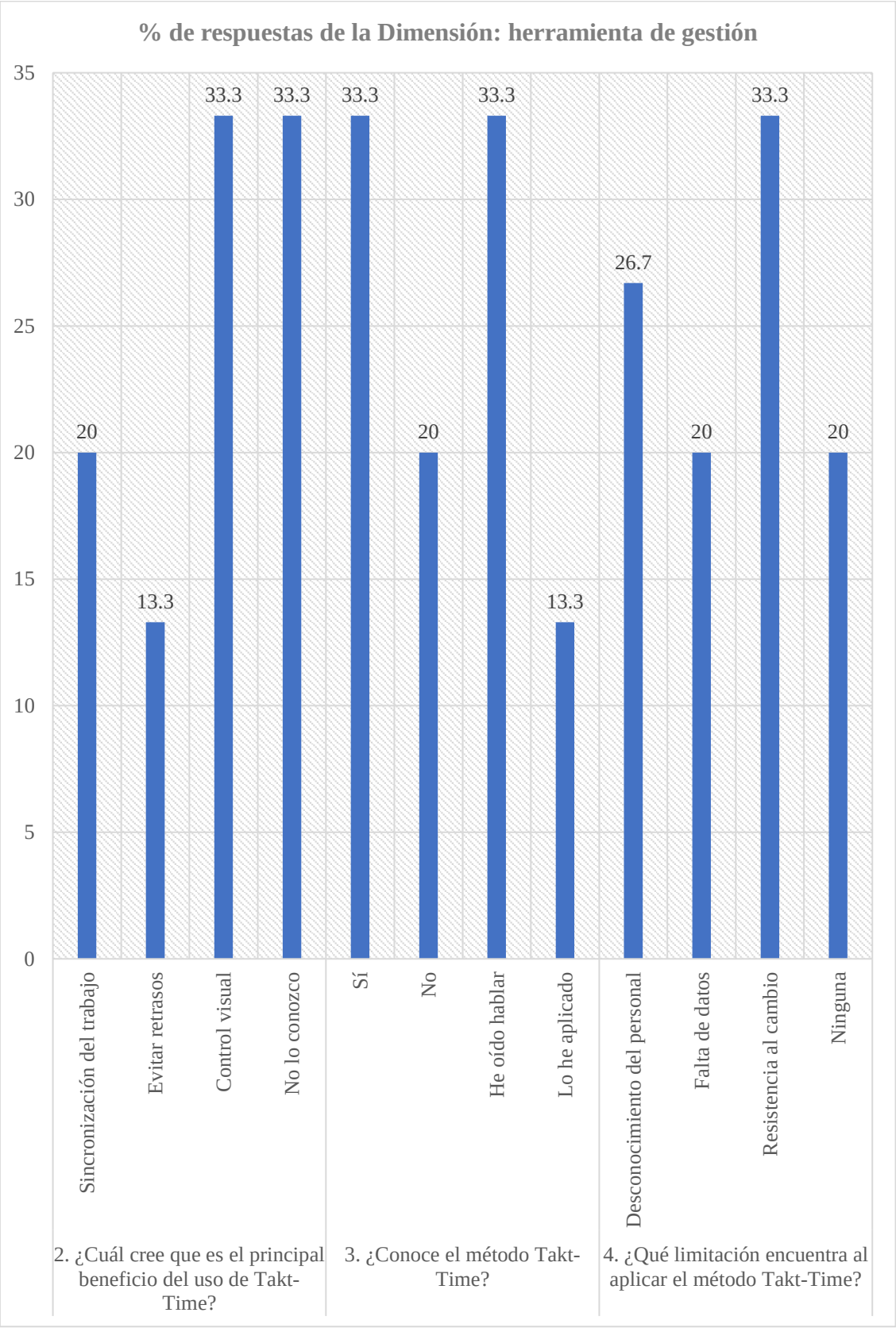
Al cuestionar acerca de la herramienta Takt–time, se encontró que: ante la pregunta ¿Cuál cree que es el principal beneficio del uso de Takt-Time?, el 33.3% refirió tanto control visual como falta de conocimiento, el 20.0% refirió sincronización del trabajo y el 13.3% la evitación de retrasos.

Frente la pregunta ¿Conoce el método Takt-Time?, el 33.3% refirió tanto haber oído hablar sobre la herramienta como si conocerla, el 20.0% no conocía la herramienta y el 13.3% la ha aplicado.

De la pregunta ¿Qué limitación encuentra al aplicar el método Takt-Time?, se encontró que, el 33.3% refirió resistencia al cambio, el 26.7% desconocía este método y el 20.0% se refirió a la falta de datos.

Figura 35

Uso de herramienta de gestión.



Fuente: Elaboración propia

b. Dimensión Carta Balance

Tabla 23

Herramienta Carta Balance.

Preguntas:	Alternativas:	f	%
5. ¿Qué tipo de tareas son las más afectadas por la baja productividad?	Acabados	3	20.0
	Estructuras	4	26.7
	Instalaciones	5	33.3
	Todas	3	20.0
	Total	15	100.0
6. ¿Cuál es el principal factor que evalúa la productividad en su experiencia?	Falta de materiales	4	26.7
	Clima	7	46.7
	Falta de capacitación	3	20.0
	Falta de supervisión	1	6.7
	Total	15	100.0
7. ¿Considera útil medir el trabajo contributivo y no contributivo?	Sí	2	13.3
	No	5	33.3
	No lo sé	3	20.0
	Depende del tipo de obra	5	33.3
	Total	15	100.0
8. ¿Cuál es el mayor desafío en aplicar Carta Balance en campo?	Recopilar datos	2	13.3
	Interpretar resultados	5	33.3
	Capacitación del personal	3	20.0
	No se aplica	5	33.3
	Total	15	100.0
9. ¿Conoce la herramienta Carta Balance?	Sí	6	40.0
	No	4	26.7
	He oído hablar	2	13.3
	La aplico regularmente	3	20.0
	Total	15	100.0

Fuente: Elaboración propia

Acerca del uso de la herramienta Carta Balance, ante la pregunta ¿Qué tipo de tareas son las más afectadas por la baja productividad?, el 33.3% refirió instalaciones, el 26.7% estructuras y el 20.0% tanto acabados como todas.

Frente la pregunta ¿Cuál es el principal factor que evalúa la productividad en su experiencia?, el 46.7% refirió clima, el 26.7% falta de materiales, el 20.0% falta de capacitación y el 6.7% falta de supervisión.

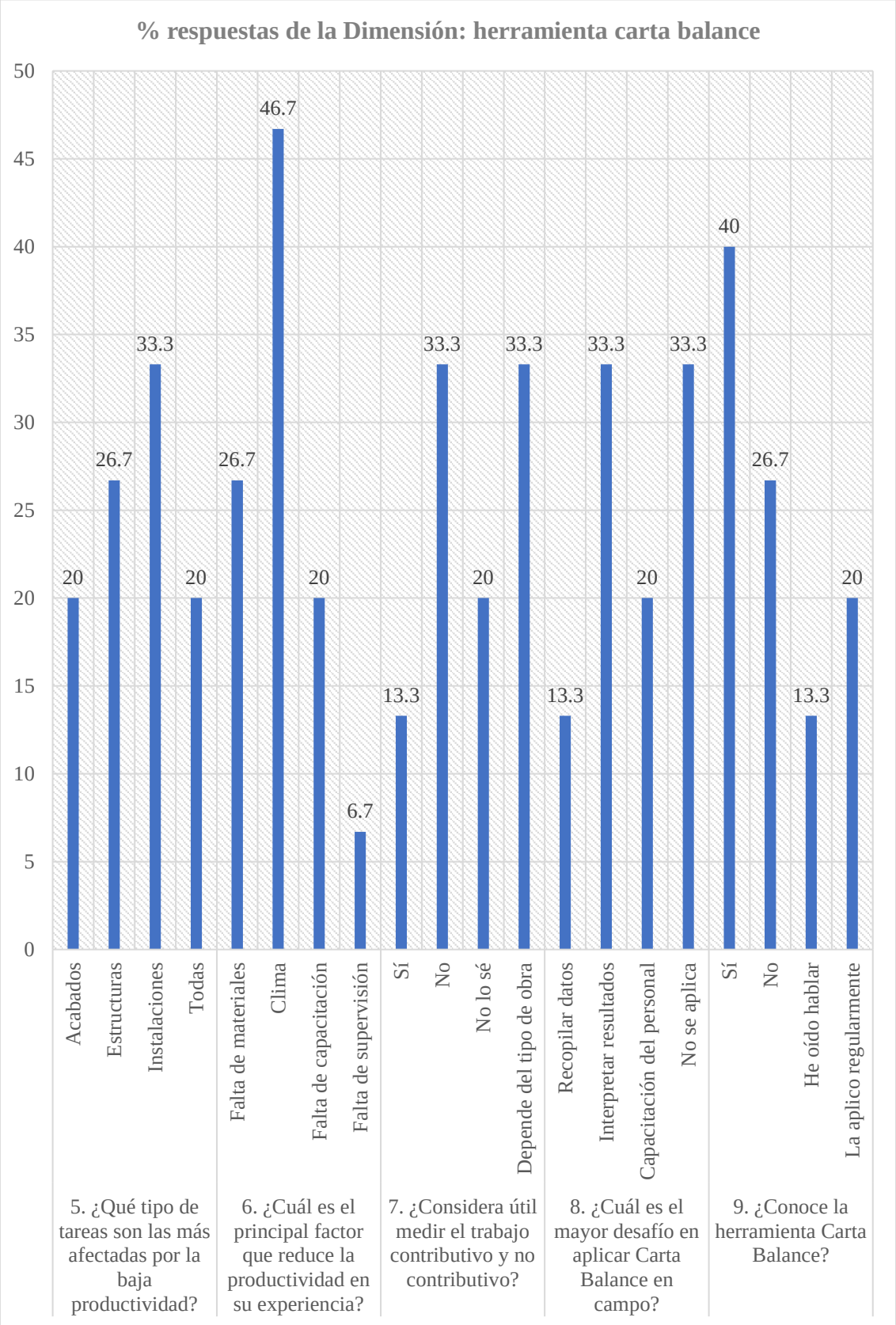
Ante la pregunta ¿Considera útil medir el trabajo contributivo y no contributivo?, el 33.3% refirió que no, así como, depende de la obra, el 20.0% no lo supo y el 13.3% respondió con una afirmación positiva.

De la pregunta ¿Cuál es el mayor desafío en aplicar Carta Balance en campo?, se encontró que, el 33.3% refirió tanto interpretar resultados como no se aplica, el 20.0% capacitación del personal y el 13.3% recopilación de datos.

Frente la pregunta ¿Conoce la herramienta Carta Balance?, el 40.0% respondió con un “Sí” sobre conocer la herramienta, el 26.7% respondió con un “No”, el 20.0% comentó que la aplica regularmente y el 13.3% ha oído hablar de ella.

Figura 36

Herramienta Carta Balance.



Fuente: Elaboración propia

c. Dimensión de la Gestión de riesgos

Tabla 24

Herramientas de gestión de riesgos.

Preguntas:	Alternativas:	f	%
10. ¿Cómo realiza actualmente la identificación de riesgos?	Reuniones	3	20.0
	Checklists	3	20.0
	No se hace	6	40.0
	Otra	3	20.0
	Total	15	100.0
11. ¿Aplica principios de la gestión de riesgos en sus obras?	Sí	4	26.7
	No	4	26.7
	Algunos	2	13.3
	Desconozco la gestión de riesgos	5	33.3
	Total	15	100.0
12. ¿Cuál es el impacto principal de aplicar la gestión de riesgos en obra?	Mejora de tiempos	6	40.0
	Evaluación de riesgos	4	26.7
	Planificación efectiva	4	26.7
	No hay impacto	1	6.7
	Total	15	100.0
13. ¿El cronograma del proyecto se revisa semanalmente?	Sí	4	26.7
	No	2	13.3
	Solo al inicio	2	13.3
	No estoy seguro	7	46.7
	Total	15	100.0
14. ¿Se promueve la mejora continua en obra?	Sí	5	33.3
	No	3	20.0
	En algunos casos	5	33.3
	No aplica	2	13.3
	Total	15	100.0
15. ¿Desconoce la gestión de riesgos?	No lo conozco	3	20.0
	He escuchado sobre él	1	6.7
	Lo conozco y lo veo a menudo	5	33.3
	Lo he aplicado y conozco a la perfección	6	40.0
	Total	15	100.0

Fuente: Elaboración propia

Sobre las herramientas relacionadas a la gestión de riesgos, ante la pregunta ¿Cómo realiza actualmente la identificación de riesgos?, el 40.0% refirió que no se realiza y el 20.0% refirió tanto reuniones, *checklist* como otras.

De la pregunta ¿Aplica principios de la gestión de riesgos en sus obras?, se desprendió que, el 33.3% refirió desconocer la gestión de riesgos, el 26.7% refirió tanto conocer, como no conocer la metodología y el 13.3% refirió algunos principios.

Acerca de ¿Cuál es el impacto principal de aplicar la gestión de riesgos en obra?, el 40.0% indicó mejora de tiempos, el 26.7% se refirió tanto a la evaluación de riesgos como planificación efectiva y el 6.7% refirió que no hay impacto.

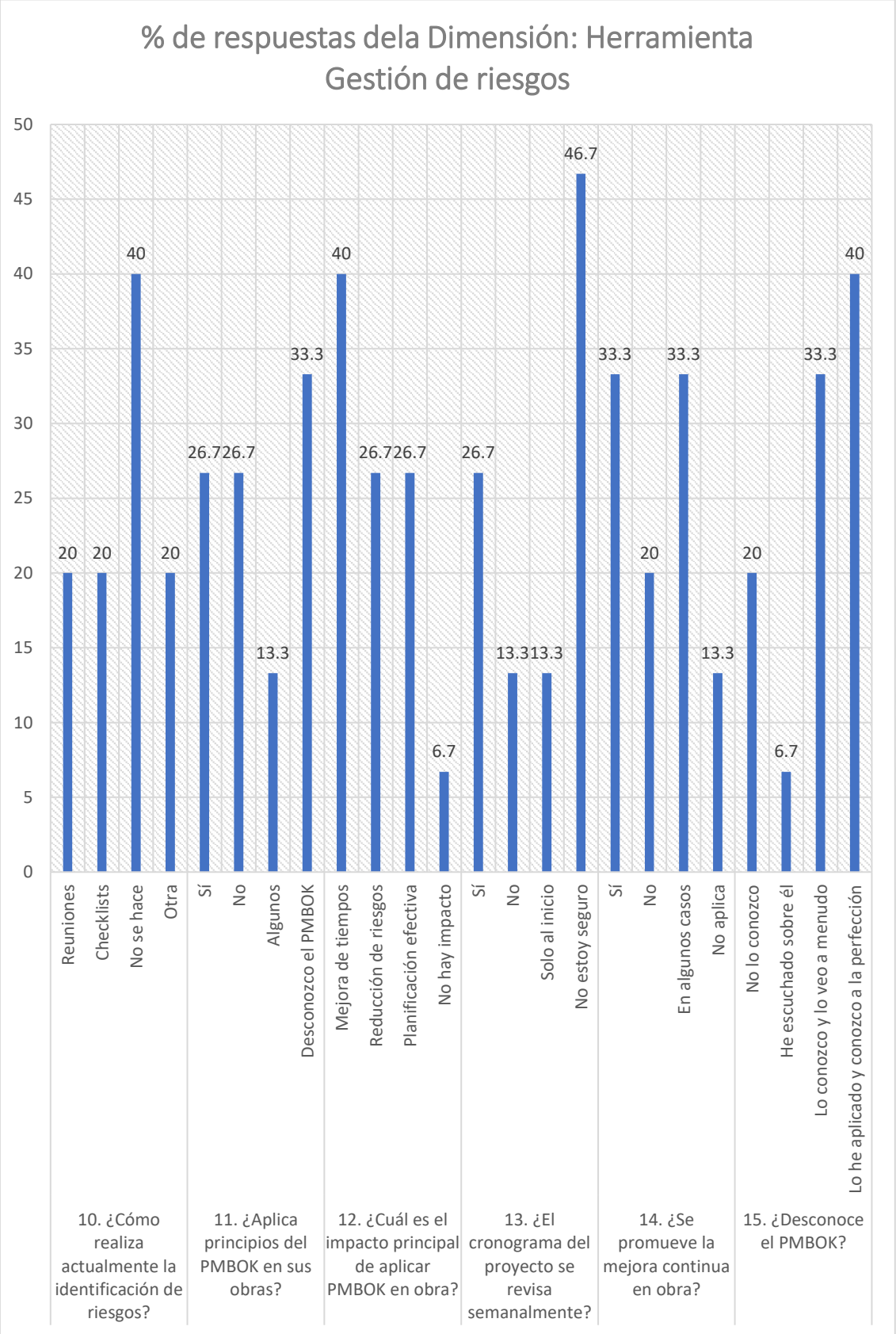
Sobre ¿El cronograma del proyecto se revisa semanalmente?, el 46.7% no estuvo seguro, el 26.7% respondió con un "Sí", el 13.3% emitió su opinión mediante un "No", y otro 13.3% respondió que solo lo revisan al inicio.

Acerca de la pregunta ¿Se promueve la mejora continua en obra?, el 33.3% respondió con un "Sí" frente a la pregunta, un 33.3% señaló que promovía solo en algunos casos, el 20.0% respondió con un "No" y el 13.3% señaló que no aplica dicha mejora.

De la pregunta ¿Desconoce la gestión de riesgos?, se encontró que, el 40.0% refirió que lo ha aplicado y lo conoce a la perfección, el 33.3% lo conocía y lo ve a menudo, el 20.0% no lo conocía y el 6.7% ha escuchado sobre dicho tema.

Figura 37

Herramientas de la Gestión de riesgos.



Fuente: Elaboración propia

d. Dimensión Rendimiento del personal

Tabla 25

Rendimiento del personal.

Preguntas:	Alternativas:	f	%
16. ¿Con qué frecuencia se mide la productividad laboral?	Diariamente	4	26.7
	Semanalmente	3	20.0
	Mensualmente	5	33.3
	No se mide	3	20.0
	Total	15	100.0
17. ¿Usa algún software para seguimiento de productividad?	Sí	6	40.0
	No	3	20.0
	Solo Excel	2	13.3
	Desconozco	4	26.7
	Total	15	100.0

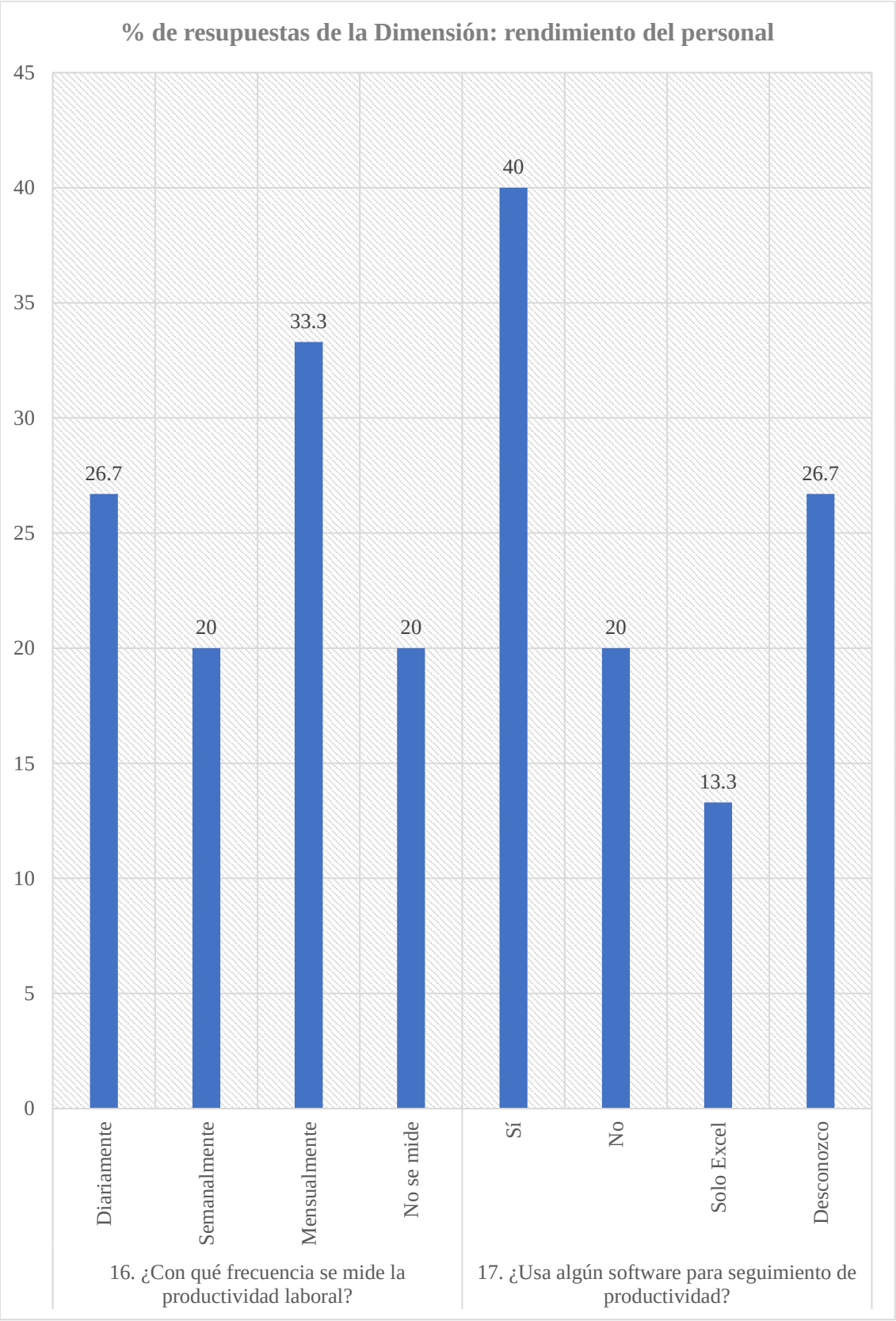
Fuente: Elaboración propia

De la información sobre el rendimiento del personal, ante la pregunta ¿Con qué frecuencia se mide la productividad laboral?, se encontró que, el 33.3% refirió mensualmente, el 26.7% diariamente y el 20.0% tanto semanalmente como no se mide.

Acerca de la pregunta ¿Usa algún software para seguimiento de productividad?, el 40.0% respondió que “Sí”, el 26.7% desconoce, el 20.0% respondió con un “No” y el 13.3% respondió que usaban solo Excel.

Figura 38

Rendimiento del personal.



Fuente: Elaboración propia

e. Dimensión Uso eficiente del tiempo

Tabla 26

Uso eficiente del tiempo.

		%
18. ¿Cree que una integración de estas tres metodologías es viable?	Sí	26.7
	No	20
	Depende del tipo de obra	26.7
	No estoy seguro	26.7
19. ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación en estas herramientas?	Sí	33.3
	No	26.7
	Depende del tiempo disponible	33.3
	Depende de la empresa	6.7
20. ¿Cuánto es el tiempo no productivo del personal en una hora laborable?	Aprox. 05 minutos	33.3
	Aprox. 10 minutos	46.7
	Aprox. 20 minutos	13.3
	Aprox. 30 minutos	6.7

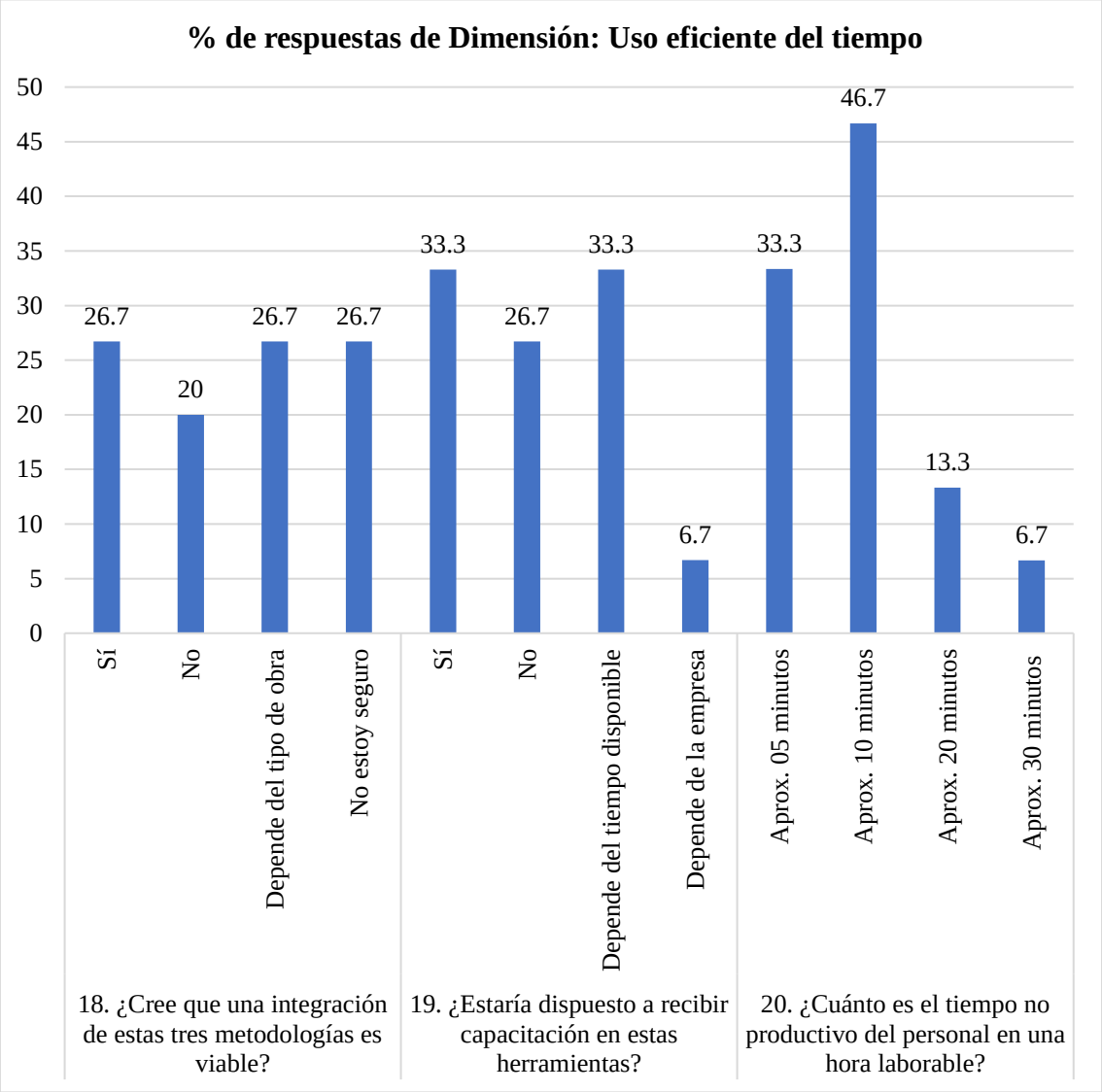
Fuente: Elaboración propia

Acerca de la información sobre el uso eficiente de tiempo, de la pregunta ¿Cree que una integración de estas tres metodologías es viable?, se desprende que, el 26.7% refirió tanto que sí, como, depende del tipo de obra y no está seguro.

De la pregunta ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación en estas herramientas?, el 33.3% mencionó que “Sí” estaría dispuesto, así como, depende del tiempo disponible; el 26.7% mencionó que “No” y el 6.7% mencionó que dependía de la empresa.

Figura 39

Uso eficiente del tiempo.



Fuente: Elaboración propia

f. Dimensión Cumplimiento del cronograma

Tabla 27

Cumplimiento del cronograma.

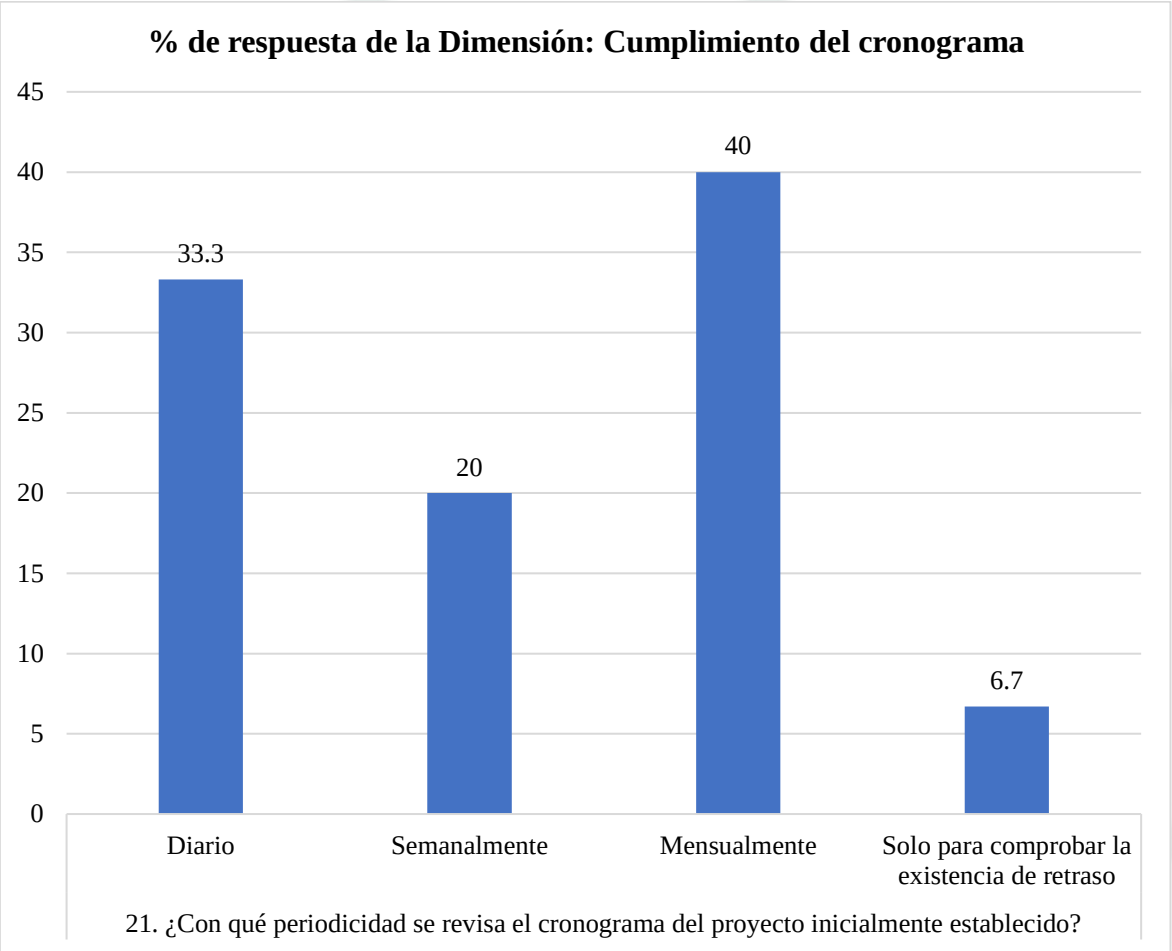
Preguntas:	Alternativas:	f	%
21. ¿Con qué periodicidad se revisa el cronograma del proyecto inicialmente establecido?	Diario	5	33.3
	Semanalmente	3	20.0
	Mensualmente	6	40.0
	Solo para comprobar la existencia de retraso	1	6.7
	Total	15	100.0

Fuente: Elaboración propia

Del cumplimiento del cronograma y ante la pregunta ¿Con qué periodicidad se revisa el cronograma del proyecto inicialmente establecido?, se determinó que, el 40.0% refirió mensualmente, el 33.3% diario, el 20.0% semanalmente y el 6.7% solo para comprobar la existencia de retraso.

Figura 40

Cumplimiento del cronograma.



Fuente: Elaboración propia

4.2 Segunda ronda– Convergencia de respuestas del panel de expertos:

Una vez recopiladas y analizadas las respuestas correspondientes a la primera ronda de encuestas del panel de expertos, los resultados obtenidos fueron sistematizados y remitidos de manera anónima a los participantes, tal como se detalla en el apartado anterior. A partir de esta retroalimentación, se procedió al desarrollo de una segunda ronda de encuestas, con la finalidad de que los expertos pudieran reconsiderar sus criterios iniciales en función de las tendencias grupales observadas, manteniendo en todo momento la confidencialidad de las respuestas individuales. Esta segunda etapa del método Delphi tuvo como objetivo principal evaluar la diferencia de opiniones y alcanzar un mayor nivel de consenso respecto a los factores y criterios relacionados con la productividad laboral y la integración de las metodologías Takt-Time, Carta Balance y Delphi en obras de infraestructura educativa.

Los resultados obtenidos en la primera ronda evidenciaron que, dentro de la dimensión Takt-Time, existía una dispersión en las respuestas relacionadas con el ajuste del ritmo de trabajo al tiempo Takt definido y el equilibrio entre tiempos de ciclo y planificación. Una parte importante del panel de expertos manifestó desacuerdo respecto a la aplicación real de estos criterios en obra, lo que permitió identificar dificultades asociadas al seguimiento operativo y a la estabilidad del flujo de trabajo. En función de ello, la segunda ronda reformuló las preguntas hacia posibles mecanismos de solución, incorporando criterios relacionados con el monitoreo en tiempo real, redistribución de cuadrillas y sincronización de actividades, con la finalidad de evaluar el nivel de aceptación de estrategias correctivas frente a los problemas detectados inicialmente.

De manera similar, en la dimensión Carta Balance, las respuestas de la primera ronda reflejaron que aún existían limitaciones relacionadas con la medición de trabajos productivos y no contributivos, así como dificultades para aplicar mejoras operativas a partir de la información obtenida en campo. A partir de estos hallazgos, la segunda ronda fue orientada hacia la validación de medidas específicas que permitan evaluar la productividad laboral, tales como la implementación de sistemas “Just-in-Time” y programas de capacitación técnica previos a la aplicación de la Carta Balance. Este enfoque permitió que los expertos no solo ratificaran los problemas previamente identificados, sino también evaluaran la viabilidad de alternativas metodológicas para evaluar pérdidas operativas.

En cuanto a la dimensión de gestión de riesgos, los resultados iniciales mostraron diferencias importantes entre los expertos respecto a la identificación, monitoreo y control

de riesgos durante la ejecución de proyectos. Si bien parte del panel indicó que sí se realizaban procesos de seguimiento, otro grupo señaló inconsistencias y ausencia de procedimientos estandarizados. Debido a ello, la segunda ronda incorporó preguntas dirigidas a validar la necesidad de herramientas complementarias, como catálogos de riesgos críticos y controles diarios de monitoreo, con el propósito de alcanzar un consenso respecto a la importancia de integrar la gestión de riesgos dentro de la metodología propuesta.

Respecto al rendimiento del personal y el uso eficiente del tiempo, la primera ronda permitió identificar percepciones relacionadas con la existencia de brechas entre las tareas programadas y las realmente ejecutadas, además de tiempos improductivos recurrentes durante las jornadas laborales. En respuesta a ello, la segunda ronda orientó las preguntas hacia la capacidad de la integración metodológica propuesta para mejorar el control semanal de actividades y evaluar tiempos no contributivos en obra. De esta manera, el panel de expertos pudo evaluar no solamente la situación actual observada en los proyectos analizados, sino también el potencial impacto de la integración de Takt-Time, Carta Balance y gestión de riesgos sobre la productividad laboral.

Finalmente, dentro de la dimensión de cumplimiento del cronograma, las respuestas obtenidas en la primera ronda evidenciaron que el respeto de plazos y la comparación entre tiempos estimados y reales continuaban siendo aspectos críticos dentro de las obras bajo modalidad por contrata. A partir de esta situación, la segunda ronda buscó profundizar en el criterio técnico de los expertos respecto al orden lógico de implementación de las herramientas metodológicas propuestas, permitiendo identificar prioridades y relaciones entre la gestión de riesgos, el Takt-Time y la Carta Balance como elementos de apoyo para mejorar el control de plazos y la estabilidad del cronograma de obra.

La evaluación en la cantidad de preguntas por dimensión durante la segunda ronda respondió a la naturaleza propia del método Delphi, el cual busca refinar progresivamente la información obtenida en etapas previas. En ese sentido, luego del análisis de resultados de la primera ronda, se identificaron los aspectos con mayor dispersión de opiniones o relevancia técnica, priorizando únicamente aquellas preguntas orientadas a validar criterios específicos y alcanzar consenso entre los expertos. Por ello, la segunda ronda se enfocó en preguntas más puntuales y estratégicas, evitando redundancias y permitiendo una evaluación más precisa sobre las soluciones y enfoques planteados.

Tabla 28

Encuesta Likert para la convergencia de respuesta de expertos segunda ronda.

	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?					
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la evaluación del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?					
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un “Catálogo de Riesgos Críticos” estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de expertos que actualmente no la realiza o la desconoce?					
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?					
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					

A. Respuesta de expertos

Tras la evaluación a los profesionales que conformaron el panel de expertos, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

a. Dimensión del Takt-Time:

La dimensión Takt-Time permitió evaluar el nivel de sincronización y estabilidad del flujo de trabajo en obra, considerando aspectos relacionados con el ritmo de producción, el equilibrio entre tiempos de ciclo y la continuidad de las actividades ejecutadas durante el proceso constructivo.

De acuerdo con lo planteado en la metodología, se evaluó a los quince profesionales con una encuesta Likert (escala del 1 al 5), poseyendo los parámetros las opciones de:

- En desacuerdo = 1
- Parcialmente en desacuerdo = 2
- Neutral = 3
- De acuerdo = 4
- Totalmente de acuerdo = 5

En base a los indicadores y dimensiones tomados en consideración al momento de evaluar a los profesionales del panel de expertos; se tuvo un enfoque más específico tras haberse superado la primera ronda, cuyo enfoque tuvo una dispersión más grande para poder identificar los aspectos más relevantes a evaluar en la segunda ronda. Se llegó de esta forma, las siguientes respuestas.

Figura 41

Respuestas de la segunda ronda en la dimensión de Takt-Time

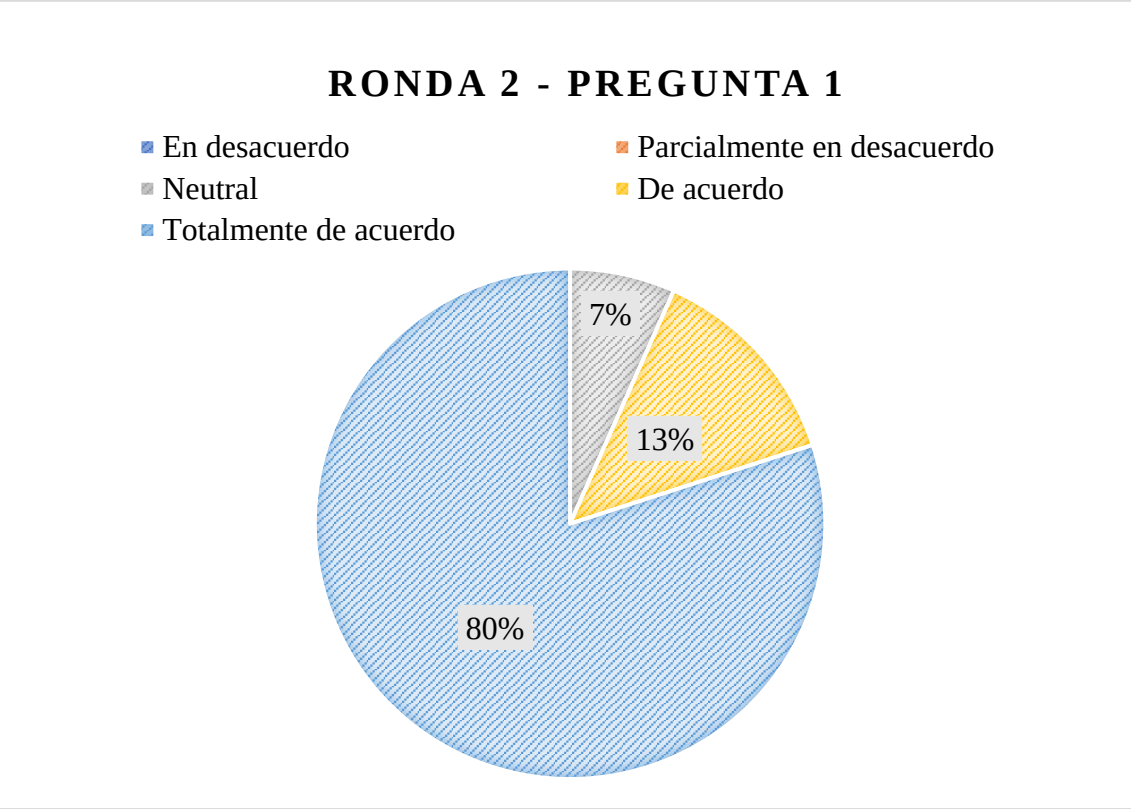
	Dimensión: Takt-Time		
	Ind: Determinación por Takt-Time por actividad	Ind: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time	Ind: Flujo continuo de producción sin interrupciones
ESPECIALISTA	1. ¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?	2. Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿Considera la importancia de la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?	3. ¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?
1	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
2	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
3	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
4	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Neutral
5	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
6	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
8	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
9	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
10	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
11	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
12	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
13	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
14	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
15	Neutral	De acuerdo	De acuerdo

VALORACIÓN	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
En desacuerdo	0	0	0
Parcialmente en desacuerdo	0	0	0
Neutral	1	0	1
De acuerdo	2	2	3
Totalmente de acuerdo	12	13	11
Total	**15**	**15**	**15**

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta

Figura 42

Respuestas del panel de expertos sobre la recolección de datos en tiempo real como solución válida.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

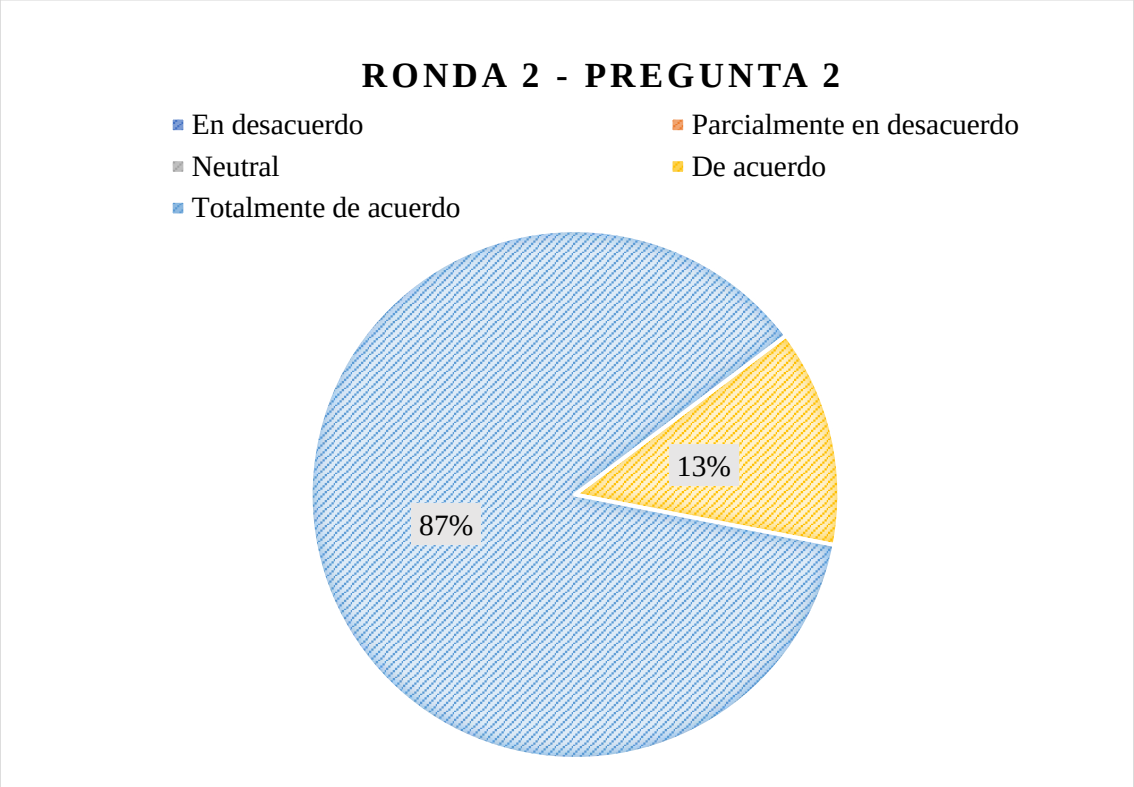
Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 80% de los expertos estarían "Totalmente de acuerdo", mientras que un 13% de los expertos señaló estar "De acuerdo" con la pregunta planteada.

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 93%.

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 43

Respuestas del panel de expertos sobre la importancia de redistribución de cuadrillas.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: Ante el desequilibrio identificado en este indicador en la primera ronda (60% en desacuerdo), ¿Considera la importancia de la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo de trabajo?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

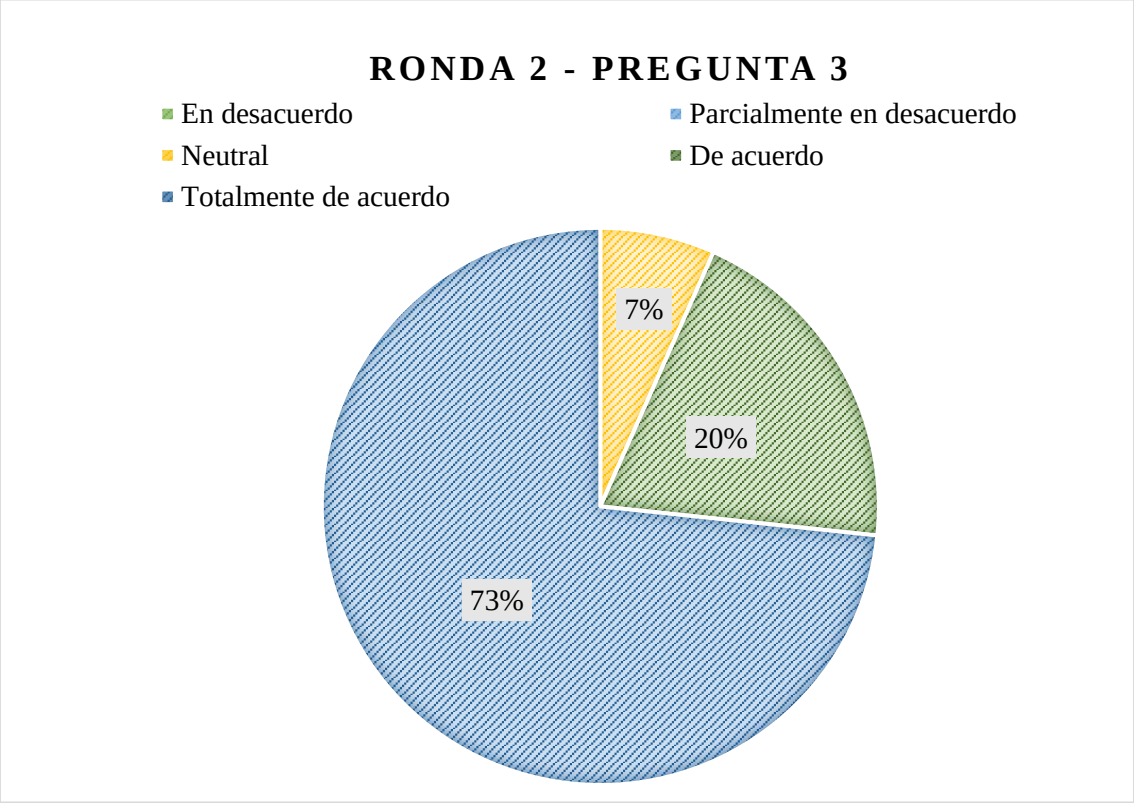
Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 87% de los expertos estarían "Totalmente de acuerdo", mientras que un 13% de los expertos señaló estar "De acuerdo" con la pregunta planteada.

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 100%.

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 44

Respuestas del panel de expertos sobre efectividad en la sincronía de actividades.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 73% de los expertos estarían "Totalmente de acuerdo", mientras que un 20% de los expertos señaló estar "De acuerdo" con la pregunta planteada.

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 93%.

b. Dimensión de la Carta Balance:

La dimensión Carta Balance estuvo orientada al análisis de la productividad laboral mediante la identificación de trabajos productivos, contributivos y no contributivos, permitiendo reconocer pérdidas operativas y oportunidades de mejora en la gestión de cuadrillas.

De acuerdo con lo planteado en la metodología, se evaluó a los quince profesionales con una encuesta Likert (escala del 1 al 5), poseyendo los parámetros las opciones de:

- En desacuerdo = 1
- Parcialmente en desacuerdo = 2
- Neutral = 3
- De acuerdo = 4
- Totalmente de acuerdo = 5

En base a los indicadores y dimensiones tomados en consideración al momento de evaluar a los profesionales del panel de expertos; se tuvo un enfoque más específico tras haberse superado la primera ronda, cuyo enfoque tuvo una dispersión más grande para poder identificar los aspectos más relevantes a evaluar en la segunda ronda. Obteniendo de esta forma, las siguientes respuestas.

Figura 45

Respuestas de la segunda ronda en la dimensión de la Carta Balance.

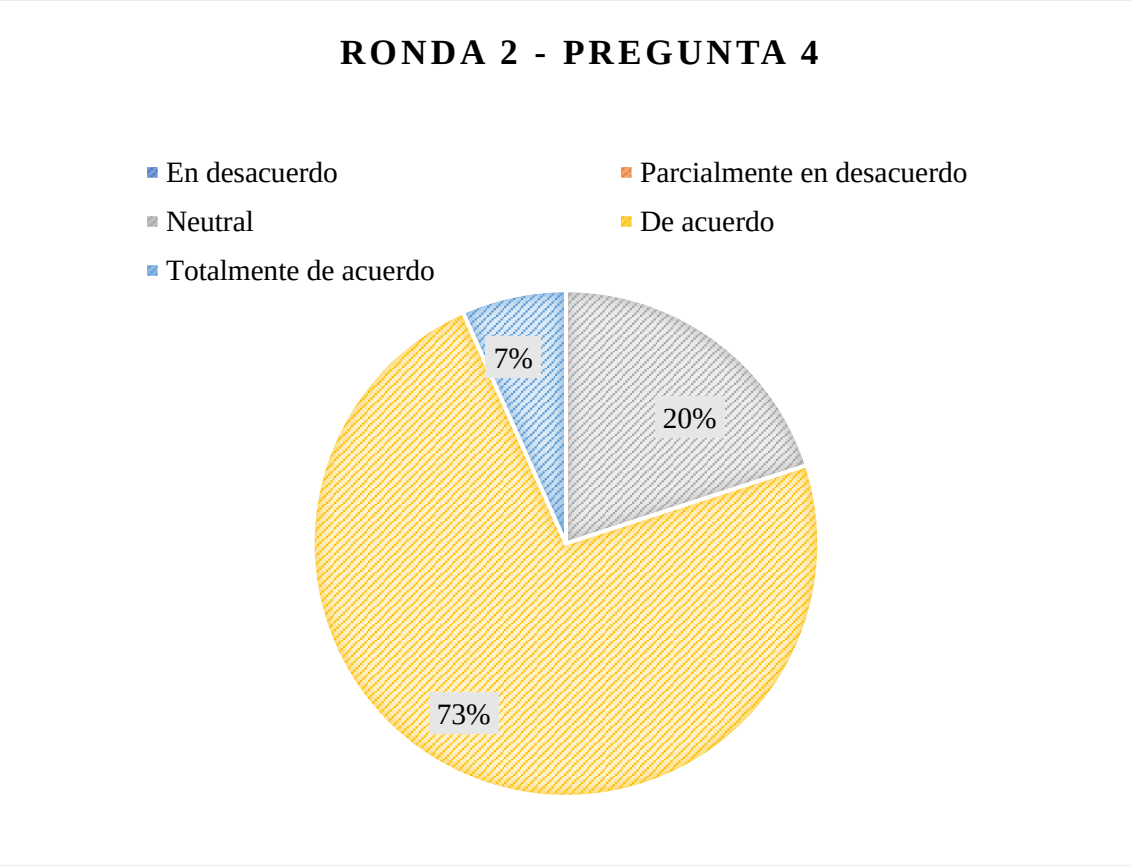
	Dimensión: Carta Balance	
	Ind. Porcentaje de trabajo productivo	Ind. Porcentaje de trabajo no contributivo
ESPECIALISTA	4. Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?	5. ¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?
1	De acuerdo	Neutral
2	Neutral	De acuerdo
3	De acuerdo	De acuerdo
4	De acuerdo	Neutral
5	De acuerdo	De acuerdo
6	Neutral	De acuerdo
7	De acuerdo	De acuerdo
8	Neutral	De acuerdo
9	De acuerdo	De acuerdo
10	De acuerdo	De acuerdo
11	De acuerdo	Neutral
12	De acuerdo	Neutral
13	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
14	De acuerdo	De acuerdo
15	Totalmente de acuerdo	De acuerdo

VALORACIÓN	Pregunta 4	Pregunta 5
En desacuerdo	0	0
Parcialmente en desacuerdo	0	0
Neutral	3	4
De acuerdo	11	10
Totalmente de acuerdo	1	1
Total	**15**	**15**

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 46

Respuestas del panel de expertos sobre la integración de Just in Time.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

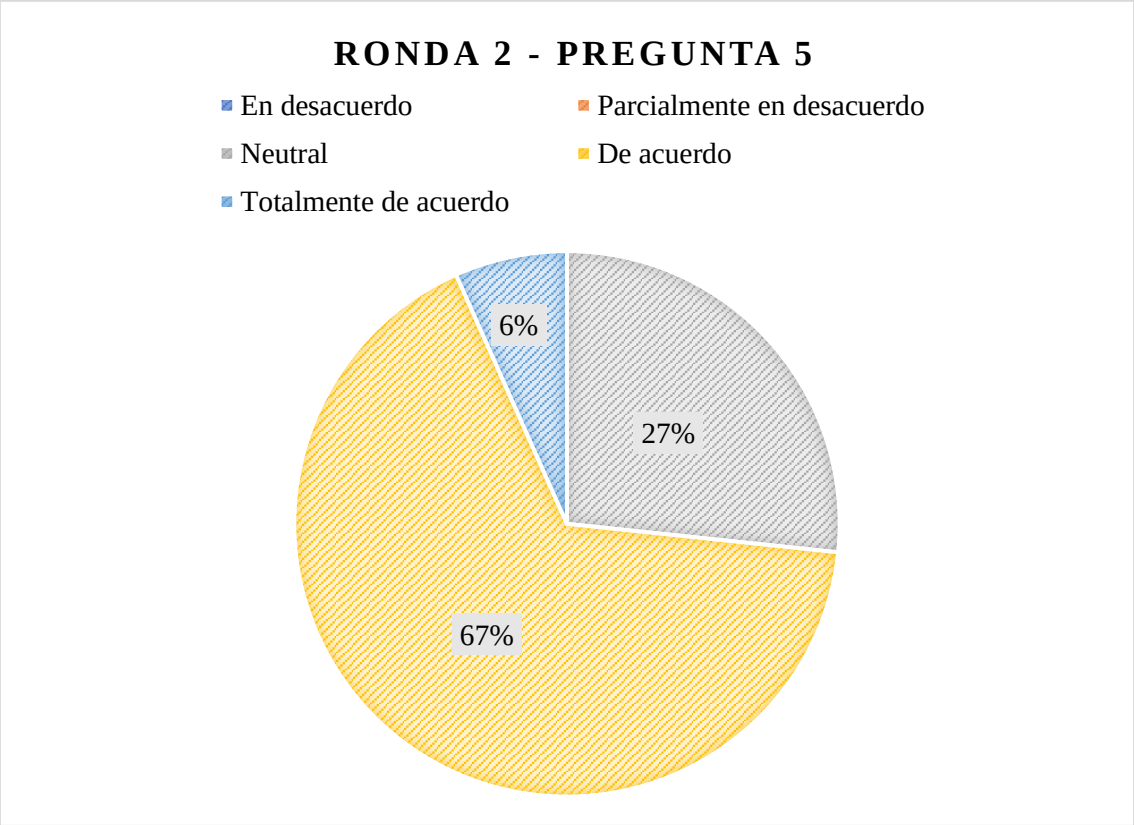
Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 73% de los expertos estarían "De acuerdo", mientras que un 7% estuvo "Totalmente de acuerdo".

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 80%.

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 47

Respuestas del panel de expertos sobre la importancia de un programa de formación.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿Estaría de acuerdo en que la evaluación del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

Bajo lo mencionado previamente, se tiene que un 67% de los expertos estuvieron "De acuerdo", mientras que un 6% estuvo "Totalmente de acuerdo".

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 73%.

c. Dimensión de la Gestión de Riesgos:

La dimensión Gestión de Riesgos permitió analizar el nivel de identificación, monitoreo y control de eventos que podrían afectar el desempeño de los proyectos, evaluando la importancia de establecer mecanismos preventivos dentro de la metodología propuesta.

De acuerdo con lo planteado en la metodología, se evaluó a los quince profesionales con una encuesta Likert (escala del 1 al 5), poseyendo los parámetros las opciones de:

- En desacuerdo = 1
- Parcialmente en desacuerdo = 2
- Neutral = 3
- De acuerdo = 4
- Totalmente de acuerdo = 5

En base a los indicadores y dimensiones tomados en consideración al momento de evaluar a los profesionales del panel de expertos; se tuvo un enfoque más específico tras haberse superado la primera ronda, cuyo enfoque tuvo una dispersión más grande para poder identificar los aspectos más relevantes a evaluar en la segunda ronda. Obteniendo de esta forma, las siguientes respuestas.

Figura 48

Respuestas de la segunda ronda en la dimensión de la Gestión de Riesgos.

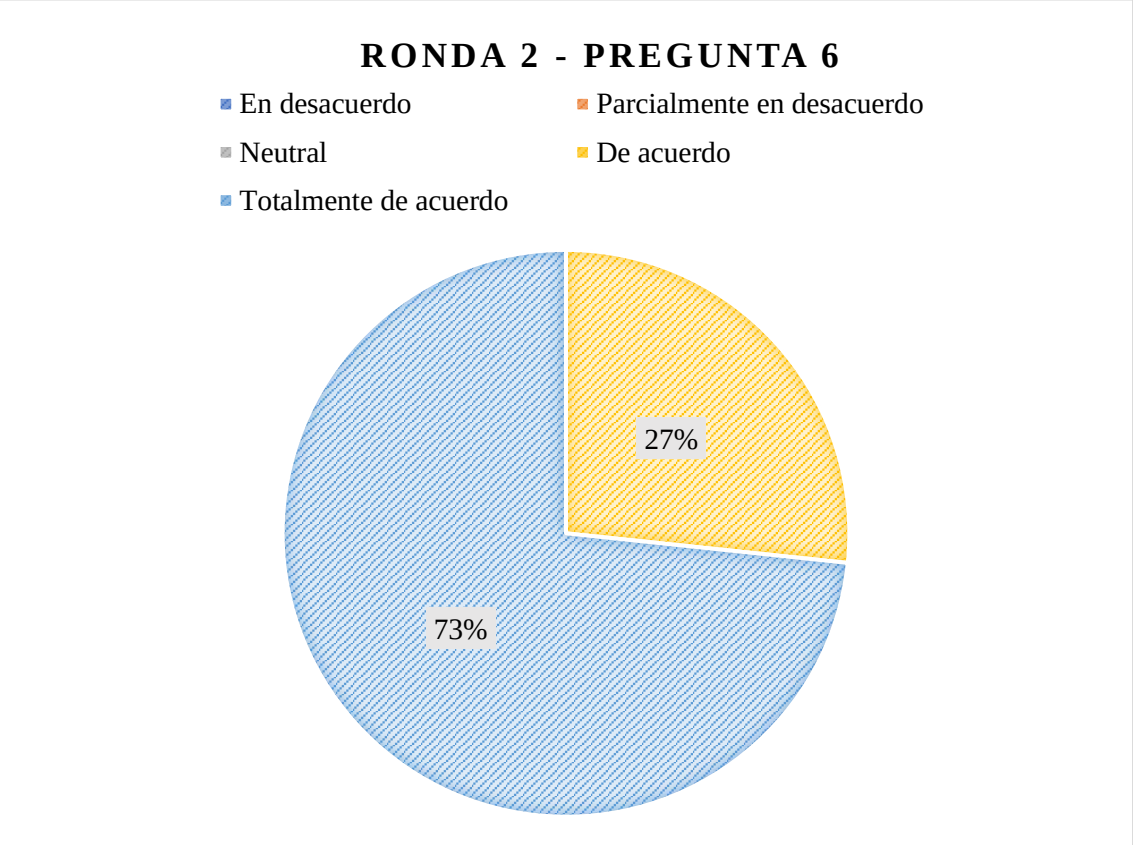
	Dimensión: Gestión de riesgos	
	Ind. Identificación de proyectos	Ind. Monitero y control de eventos de riesgos
ESPECIALISTA	6. ¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33.3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?	7. Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?
1	Totalmente de acuerdo	Neutral
2	De acuerdo	Neutral
3	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
4	Totalmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo
5	De acuerdo	De acuerdo
6	Totalmente de acuerdo	Neutral
7	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
8	De acuerdo	De acuerdo
9	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
10	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
11	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
12	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
13	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
14	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
15	De acuerdo	De acuerdo

VALORACIÓN	Pregunta 6	Pregunta 7
En desacuerdo	0	0
Parcialmente en desacuerdo	0	1
Neutral	0	3
De acuerdo	4	11
Totalmente de acuerdo	11	0
Total	**15**	**15**

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 49

Respuestas del panel de expertos sobre el uso de un catálogo de riesgos críticos.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de expertos que actualmente no la realiza o la desconoce?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

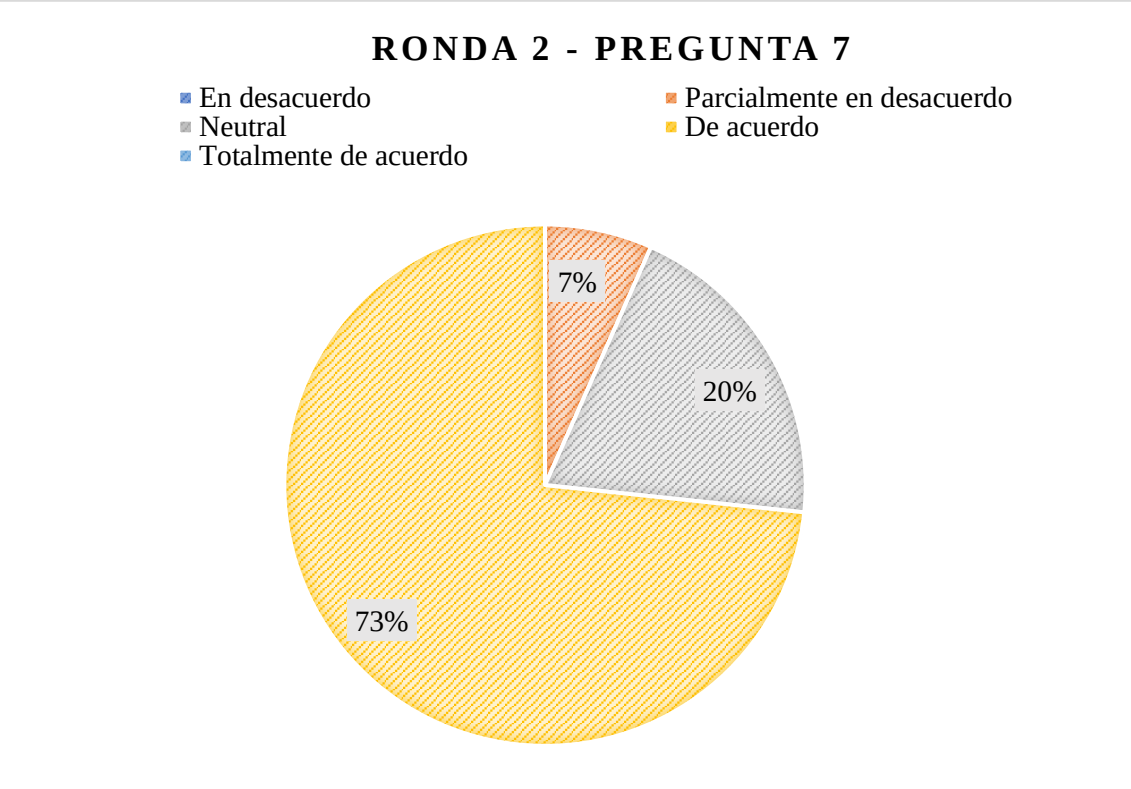
Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 27% de los expertos estarían "De acuerdo", mientras que un 73% estuvo "Totalmente de acuerdo".

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 100%.

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 50

Respuestas del panel de expertos sobre integración de control de riesgos diarios.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿Considera que establecer un control de riesgos estrictamente diario asegura el éxito de la integración metodológica?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 73% de los expertos estarían "De acuerdo".

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 73%.

d. Dimensión del Rendimiento del personal:

La dimensión Rendimiento del personal estuvo enfocada en evaluar el cumplimiento de actividades programadas y el desempeño operativo de las cuadrillas, considerando la relación entre las tareas ejecutadas y las metas establecidas en obra.

De acuerdo con lo planteado en la metodología, se evaluó a los quince profesionales con una encuesta Likert (escala del 1 al 5), poseyendo los parámetros las opciones de:

- En desacuerdo = 1
- Parcialmente en desacuerdo = 2
- Neutral = 3
- De acuerdo = 4
- Totalmente de acuerdo = 5

En base a los indicadores y dimensiones tomados en consideración al momento de evaluar a los profesionales del panel de expertos; se tuvo un enfoque más específico tras haberse superado la primera ronda, cuyo enfoque tuvo una dispersión más grande para poder identificar los aspectos más relevantes a evaluar en la segunda ronda. Obteniendo de esta forma, las siguientes respuestas.

Figura 51

Respuestas de la segunda ronda en la dimensión del Rendimiento del personal.

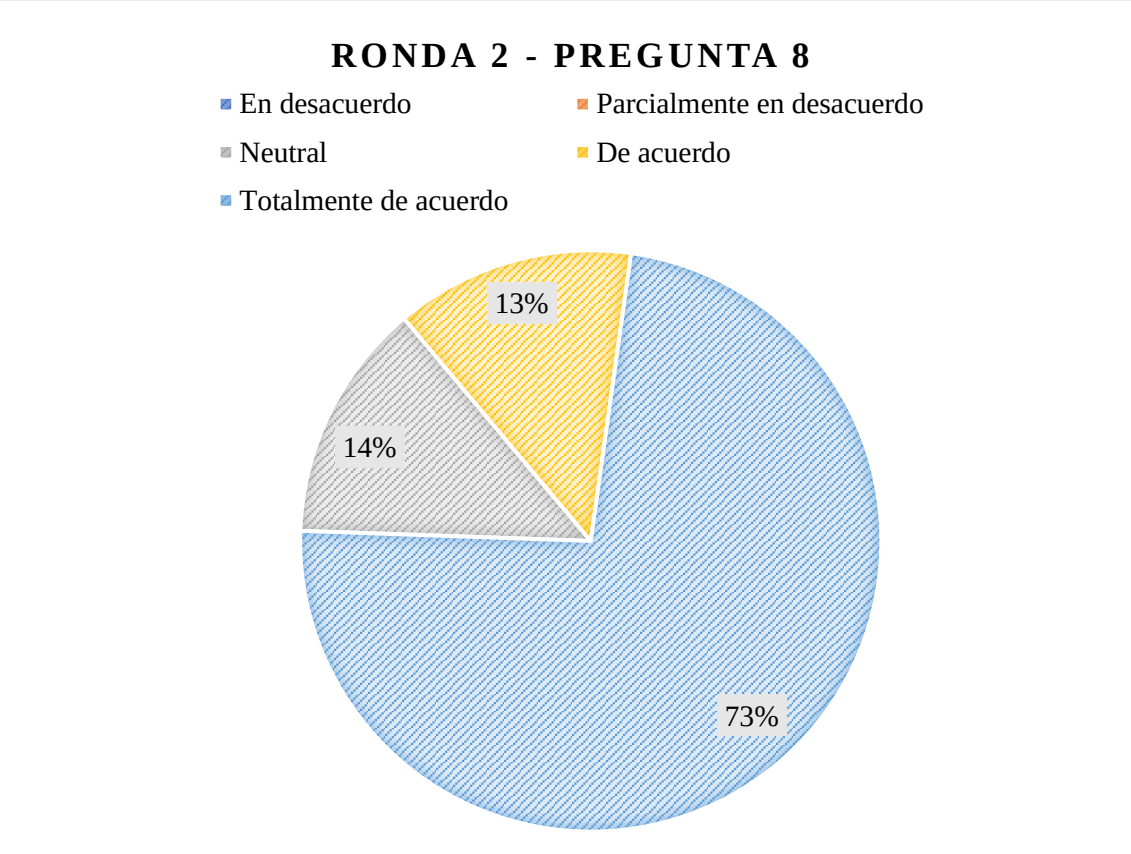
	Dimensión: Rendimiento del Personal
	Ind. Tareas programas vs tareas completadas
ESPECIALISTA	8. ¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?
1	Totalmente de acuerdo
2	Neutral
3	Totalmente de acuerdo
4	Totalmente de acuerdo
5	Totalmente de acuerdo
6	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo
8	De acuerdo
9	Totalmente de acuerdo
10	Neutral
11	Totalmente de acuerdo
12	Totalmente de acuerdo
13	Totalmente de acuerdo
14	Totalmente de acuerdo
15	De acuerdo

VALORACIÓN	Pregunta 8
En desacuerdo	0
Parcialmente en desacuerdo	0
Neutral	2
De acuerdo	2
Totalmente de acuerdo	11
Total	**15**

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 52

Respuestas del panel de expertos sobre integración de las tres herramientas.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 73% de los expertos estarían "Totalmente de acuerdo", mientras que el 13% estuvo "De acuerdo".

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 86%.

e. Dimensión del Uso eficiente del tiempo:

La dimensión Uso eficiente del tiempo permitió evaluar el aprovechamiento de las horas laborales disponibles, considerando la evaluación de tiempos improductivos y la implementación de estrategias orientadas a evaluar el desempeño operativo en campo.

De acuerdo con lo planteado en la metodología, se evaluó a los quince profesionales con una encuesta Likert (escala del 1 al 5), poseyendo los parámetros las opciones de:

- En desacuerdo = 1
- Parcialmente en desacuerdo = 2
- Neutral = 3
- De acuerdo = 4
- Totalmente de acuerdo = 5

En base a los indicadores y dimensiones tomados en consideración al momento de evaluar a los profesionales del panel de expertos; se tuvo un enfoque más específico tras haberse superado la primera ronda, cuyo enfoque tuvo una dispersión más grande para poder identificar los aspectos más relevantes a evaluar en la segunda ronda. Obteniendo de esta forma, las siguientes respuestas.

Figura 53

Respuestas de la segunda ronda en la dimensión del Uso eficiente del tiempo.

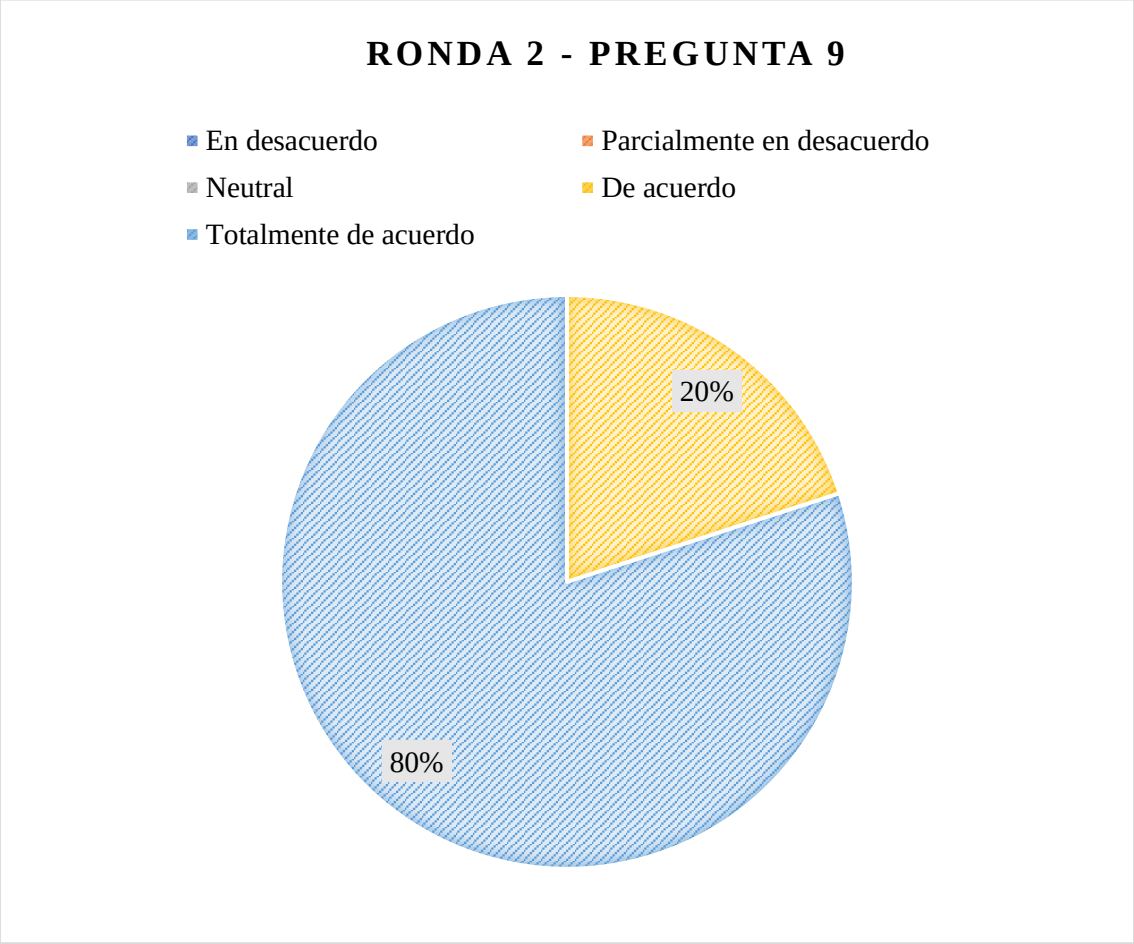
	Dimensión: Uso eficiente del tiempo
	Evaluación del tiempo en actividades no contributivas
ESPECIALISTA	9. ¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?
1	Totalmente de acuerdo
2	De acuerdo
3	Totalmente de acuerdo
4	Totalmente de acuerdo
5	De acuerdo
6	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo
8	Totalmente de acuerdo
9	Totalmente de acuerdo
10	Totalmente de acuerdo
11	Totalmente de acuerdo
12	Totalmente de acuerdo
13	Totalmente de acuerdo
14	Totalmente de acuerdo
15	De acuerdo

VALORACIÓN	Pregunta 9
En desacuerdo	0
Parcialmente en desacuerdo	0
Neutral	0
De acuerdo	3
Totalmente de acuerdo	12
Total	15

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 54

Respuestas del panel de expertos sobre la evaluación de tiempo no productivo.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 80% de los expertos estarían "Totalmente de acuerdo", mientras que el 20% estuvo "De acuerdo".

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 100%.

f. Dimensión del Cumplimiento del cronograma:

La dimensión Cumplimiento del cronograma estuvo orientada al análisis del comportamiento de los plazos de ejecución, evaluando la relación entre los tiempos estimados y reales, así como el seguimiento del avance físico programado en obra.

De acuerdo con lo planteado en la metodología, se evaluó a los quince profesionales con una encuesta Likert (escala del 1 al 5), poseyendo los parámetros las opciones de:

- En desacuerdo = 1
- Parcialmente en desacuerdo = 2
- Neutral = 3
- De acuerdo = 4
- Totalmente de acuerdo = 5

En base a los indicadores y dimensiones tomados en consideración al momento de evaluar a los profesionales del panel de expertos; se tuvo un enfoque más específico tras haberse superado la primera ronda, cuyo enfoque tuvo una dispersión más grande para poder identificar los aspectos más relevantes a evaluar en la segunda ronda. Obteniendo de esta forma, las siguientes respuestas.

Figura 55

Respuestas de la segunda ronda de la dimensión del Cumplimiento del cronograma.

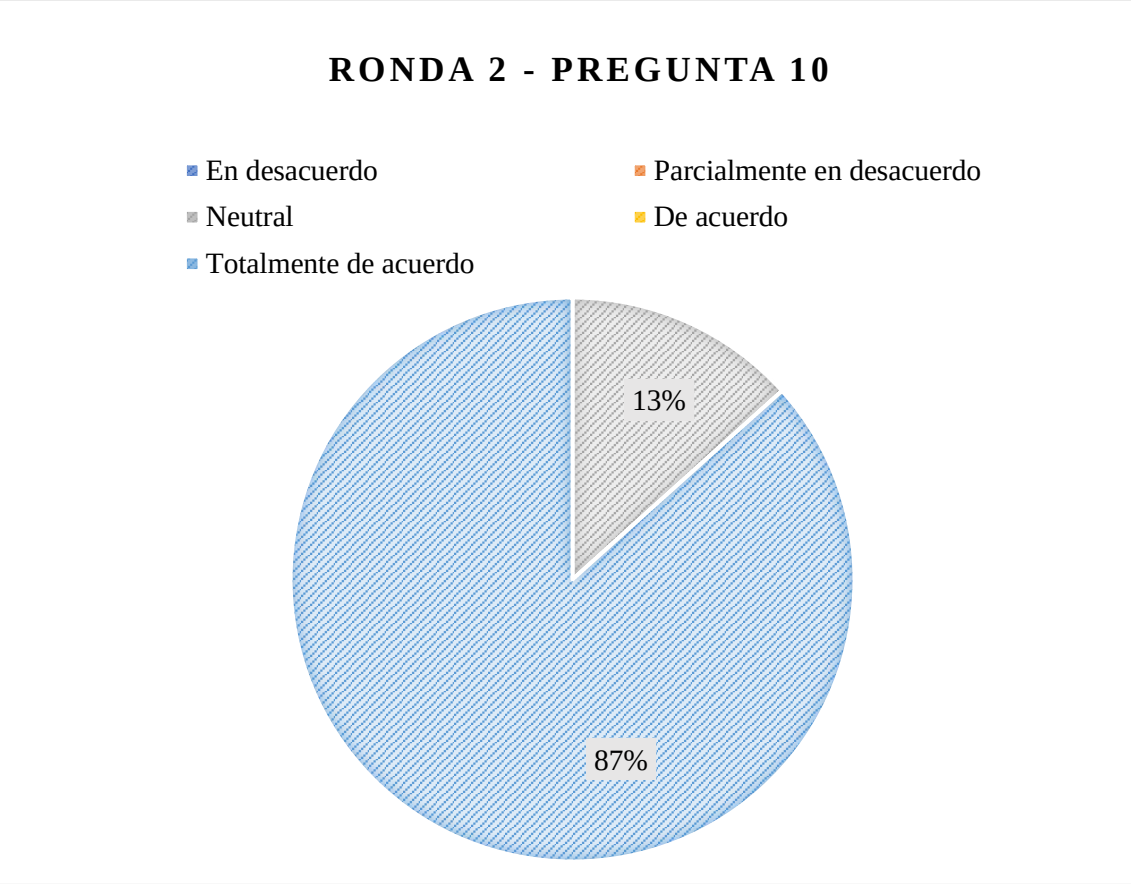
	Dimensión: Cumplimiento del cronograma
	Ind. Comapración entre tiempos estiamdos y reales
ESPECIALISTA	10. ¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: 1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?
1	Totalmente de acuerdo
2	Totalmente de acuerdo
3	Totalmente de acuerdo
4	Totalmente de acuerdo
5	Totalmente de acuerdo
6	Totalmente de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo
8	Totalmente de acuerdo
9	Totalmente de acuerdo
10	Neutral
11	Totalmente de acuerdo
12	Totalmente de acuerdo
13	Neutral
14	Totalmente de acuerdo
15	Totalmente de acuerdo

VALORACIÓN	Pregunta 10
En desacuerdo	0
Parcialmente en desacuerdo	0
Neutral	2
De acuerdo	0
Totalmente de acuerdo	13
Total	**15**

En la respuesta de los expertos se tiene los resultados pertenecientes a la primera pregunta:

Figura 56

Respuestas del panel de expertos sobre el orden de implementación.



Las respuestas mostradas en la figura previa pertenecen a la pregunta: ¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?

Dentro de los cinco parámetros tomados en consideración: En desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo; se agrupo dentro de la categoría de aprobación a aquellas opiniones que fueran Totalmente de acuerdo", "De acuerdo".

Bajo lo mencionado previamente, se tuvo que un 87% de los expertos estarían "Totalmente de acuerdo".

Observado de esta forma, que mediante la suma de los dos parámetros de aprobación y consenso se llegó al 87%.

4.3 Revisión de las respuestas y consenso de opiniones del panel de expertos.

4.3.1 Confiabilidad de las respuestas emitidas por el panel de expertos:

Según lo señalado por Gonzáles y Aspeé (2021), la expresión empleada para calcular el valor del alfa de Cronbach, valor que permite ver la confiabilidad entre respuestas del panel se tiene:

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2}\right]$$

Dónde:

α: Coeficiente de confiabilidad del cuestionario.

k: Número de ítems del instrumento (preguntas del cuestionario).

$\sum S_i^2$: Sumatoria de las varianzas de los ítems.

S_T^2: Varianza total de las sumatorias de cada instrumento.

De esta forma se evaluó las preguntas de la segunda ronda, ya que permitieron demostrar si se logró llegar a un consenso o no en las dimensiones planteadas en el estudio.

Siendo que los rangos establecidos bajo el criterio de la herramienta de Cronbach se muestran a continuación.

Tabla 29

Rangos de confiabilidad alfa de Cronbach.

Rango/Escala	Confiabilidad
0.53 a menos	confiabilidad nula
0.54 a 0.59	confiablidad baja
0.60 a 0.65	confiable
0.66 a 0.71	muy confiable
0.72 a 0.99	excelente confiabilidad
1	confiablidad perfecta

Y finalmente se especifica que los valores de la encuesta Likert fueron agrupados mediante la siguiente numeración para una mejor trabajabilidad estadística.

Tabla 30

Rangos de confiabilidad encuestas Likert.

Valor	Descripción
1	En desacuerdo
2	Parcialmente de acuerdo
3	Neutral
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

A. Análisis de confiabilidad de la primera ronda:

Para la primera ronda, el instrumento de recolección de datos compuesto por 20 ítems y aplicado a los 15 expertos obtuvo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.87. Según la escala de valoración incluida en la tabla de resultados, este valor se sitúa en el rango de 0.72 a 0.99, lo que categoriza al instrumento con una "Excelente Confiabilidad". Este resultado estadístico confirma que las preguntas formuladas inicialmente para explorar el conocimiento sobre Takt-Time, Carta Balance y Gestión de Riesgos poseen una consistencia interna sólida, garantizando que las respuestas de los expertos son coherentes y libres de errores sistemáticos de medición.

Tabla 31

Alfa de Cronbach para resultados de la primera ronda.

	ÍTEMS																				
Indicadores	**Takt-time**						**Carta Balance**				**Gestión de riesgos**				**Rendimiento del personal**		**Uso eficiente del tiempo**		**Cumplimiento del cronograma**		
Expertos	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**SUMA**
E1	5	4	5	4	5	4	5	4	3	5	5	4	3	5	5	4	5	4	5	4	88
E2	4	4	4	4	4	4	4	5	3	3	4	1	3	3	3	3	4	3	4	4	71
E3	5	5	4	5	4	4	5	5	4	3	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	91
E4	4	4	4	4	3	4	5	5	3	4	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	87
E5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	80
E6	4	5	4	5	5	5	5	4	3	5	5	4	3	5	5	4	5	4	5	4	89
E7	5	4	5	4	4	5	5	5	4	3	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	92
E8	5	5	4	5	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	81
E9	4	4	5	5	4	3	5	5	4	3	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	90
E10	5	4	4	5	4	3	4	4	4	3	4	2	3	4	3	3	3	1	3	3	69
E11	4	4	4	5	5	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	82
E12	5	4	4	4	5	4	4	5	3	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	5	86
E13	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	1	3	1	3	3	3	3	3	3	72
E14	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	92
E15	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	86
varianza	**0.25**	**0.22**	**0.19**	**0.24**	**0.32**	**0.52**	**0.25**	**0.24**	**0.36**	**0.49**	**0.22**	**1.66**	**0.24**	**0.86**	**0.6**	**0.59**	**0.49**	**1.18**	**0.49**	**0.49**	
Sum. de varianzas	9.91																				
Var. de suma de los ítems	55.8																				

Empleando la ecuación previamente señala al inicio del presente apartado, se tiene la siguiente expresión con los valores obtenidos en la tabla anterior.

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2}\right]$$

Dónde:

α: Coeficiente de confiabilidad del cuestionario.

k: 20

$\sum S_i^2$: 9.91

S_T^2: 55.80

$$\alpha = \frac{20}{20-1}\left[1 - \frac{9.91}{55.80}\right]$$

$$\alpha = 0.87$$

Rango/Escala	Confiabilidad
0.53 a menos	confiabilidad nula
0.54 a 0.59	confiablidad baja
0.60 a 0.65	confiable
0.66 a 0.71	muy confiable
0.72 a 0.99	excelente confiabilidad
1	confiablidad perfecta

Se infiere de la tabla de rango de confiabilidad, se ubica en un rango de "excelente confiabilidad", de esta forma se evidencia que la primera ronda tiene una base sólida de relación entre respuestas de los expertos.

A. Análisis de confiabilidad de la segunda ronda:

En la segunda ronda, donde el cuestionario se refinó a 10 ítems enfocados específicamente en la validación de estrategias y búsqueda de consenso, se obtuvo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.70. De acuerdo con el rango de interpretación establecido (0.66 a 0.71), este resultado otorga al instrumento la calificación de "Muy Confiable". A pesar de la evaluación en el número de ítems respecto a la ronda anterior, factor que matemáticamente suele disminuir el coeficiente, el valor alcanzado sigue siendo robusto para fines de investigación académica, validando la estabilidad de las respuestas del panel de expertos en esta fase crítica de convergencia.

Figura 57

Alfa de Cronbach para respuestas de la segunda ronda.

	ITEMS										
INDICADORES	Takt-time			Carta Balance		Gestión de riesgos		Rendimiento de personal	Uso eficiente del tiempo	Cumplimiento del cronograma	
EXPERTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUMA
E1	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	46
E2	4	4	4	5	4	5	5	3	4	5	43
E3	4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	41
E4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	43
E5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
E6	5	5	5	4	5	3	3	5	4	3	42
E7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
E8	5	4	5	3	5	5	5	4	5	4	45
E9	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	45
E10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	41
E11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
E12	5	4	3	5	5	5	5	5	5	3	45

E13	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	47
E14	4	4	4	4	4	4	3	4	5	4	40
E15	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	46
VARIANZA	**0.24**	**0.222**	**0.382**	**0.507**	**0.24**	**0.489**	**0.516**	**0.516**	**0.16**	**0.516**	
sumatoria de varianzas						3.79					
varianza de la suma de los ítems						10.33					

Empleando la ecuación previamente señala al inicio del presente apartado, se tuvo la siguiente expresión con los valores obtenidos en la tabla anterior.

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2}\right]$$

Dónde:

α: Coeficiente de confiabilidad del cuestionario.

k: 10

$\sum S_i^2$: 3.79

S_T^2: 10.33

$$\alpha = \frac{10}{10-1}\left[1 - \frac{3.79}{10.33}\right]$$

$$\alpha = 0.70$$

Rango/Escala	Confiabilidad
0.53 a menos	confiabilidad nula
0.54 a 0.59	confiablidad baja
0.60 a 0.65	confiable
0.66 a 0.71	muy confiable
0.72 a 0.99	excelente confiabilidad
1	confiablidad perfecta

Se infiere de la tabla de rango de confiabilidad, se ubica en un rango de "muy confiable", de esta forma se evidencia que la segunda ronda tiene un consenso y confiabilidad validada.

4.3.2 Dimensión del Takt-Time:

En el caso de la pregunta 01, relacionada a la recolección de datos en tiempo real; se observó en la primera ronda, el 53% de los expertos manifestó que el ritmo de trabajo no se ajustaba al Takt Time definido. Por ello, se propuso el uso de sistemas de recolección de datos en tiempo real como solución técnica. El resultado fue un 93% de consenso (80% totalmente de acuerdo y 13% de acuerdo), validando que la tecnología es la respuesta para corregir la falta de ajuste en el ritmo diario.

Para la pregunta 02, relacionada a la redistribución de cuadrillas; se observaron que los resultados previos mostraron que el 60% de los expertos no identificaba un equilibrio entre el tiempo de ciclo y el Takt Time. Ante este desequilibrio, se planteó la redistribución de cuadrillas como estrategia de estabilización. Esta propuesta alcanzó un 100% de consenso, con un 87% de los expertos en la categoría máxima de aprobación, confirmando que la gestión del recurso humano es la clave operativa para equilibrar el flujo.

En el caso de la pregunta 03, la cual permitió observar la sincronización de actividades; dado que en la primera ronda el 60% percibía interrupciones significativas en la producción, se consultó sobre la efectividad de la sincronización bajo la nueva metodología. Se logró un 93% de aprobación (73% totalmente de acuerdo y 20% de acuerdo), lo que ratifica que el panel confía en que la sincronización propuesta eliminará los cuellos de botella actuales.

Tabla 32

Resumen de respuestas y consenso de la dimensión de Takt-Time.

Núm. de pregunta	Pregunta	Porcentaje de opinión: "De acuerdo"	Porcentaje de opinión: "Totalmente de acuerdo"	Porcentaje total de consenso
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?	13%	80%	93%
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿Considera la importancia de la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?	13%	87%	100%
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?	20%	73%	93%

En este sentido se observó que existe un consenso entre los expertos del panel, frente a las preguntas planteadas en la dimensión de referente a Takt-Time.

4.3.3 Dimensión de la Carta Balance:

En esta dimensión se decidió realizar 2 preguntas enfocadas en mitigar la baja productividad y las barreras de implementación.

En la pregunta 04, relacionada al inventario Just-in-Time, se observó que la primera ronda reveló que la falta de materiales (46.7%) era el factor principal que interfiere en la productividad. Al proponer la integración de un inventario "Just-in-Time", se obtuvo un 80% de consenso. Aunque es un porcentaje sólido, el hecho de que la

mayoría esté "De acuerdo" (73%) en lugar de "Totalmente de acuerdo" (7%) sugiere que, aunque se valida la solución, los expertos son conscientes de los retos logísticos que implica su aplicación real.

Para la pregunta 05, relacionada al programa de formación técnica; se observó que los expertos habían señalado que el mayor desafío para usar la Carta Balance era la capacitación del personal (33.3%). Se propuso entonces un programa de formación obligatorio antes de la ejecución. Esta medida obtuvo un 73% de consenso. Esto explica que la educación técnica es vista como un requisito indispensable para evaluar el trabajo no contributivo en campo.

Tabla 33

Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Carta Balance

Núm. de pregunta	Pregunta	Porcentaje de opinión: "De acuerdo"	Porcentaje de opinión: "Totalmente de acuerdo"	Porcentaje total de consenso
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?	73%	7%	80%
5	¿Estaría de acuerdo en que la evaluación del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?	67%	6%	73%

En este sentido se observó que existe un consenso entre los expertos del panel, frente a las preguntas planteadas en la dimensión de referente a la Carta Balance.

4.3.4 Dimensión de Gestión de Riesgos:

En esta dimensión se decidió realizar 2 preguntas para estandarizar procesos que actualmente son inconsistentes.

En la pregunta 06, relacionada al catálogo de Riesgos Críticos, se observó que inicialmente, se detectó que un 33.3% de los expertos desconocía o no realizaba identificación de riesgos. Para solucionar esto, se propuso un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado. La respuesta fue un 100% de consenso (73% totalmente de acuerdo y 27% de acuerdo), validando que la estandarización facilitará la adopción de la gestión de riesgos en todos los niveles.

En la pregunta 07, referente al monitoreo diario de riesgos, se observó que en la ronda 1, la revisión del cronograma y riesgos no era constante (casi un 47% no lo hacía semanalmente o no estaba seguro). Al proponer un control estrictamente diario, se alcanzó un 73% de consenso. Los expertos coinciden en que el éxito de la integración

metodológica depende de un seguimiento diario para evitar que los riesgos detectados afecten los plazos.

Tabla 34

Resumen de respuestas y consenso de la dimensión de Gestión de riesgos.

Núm. de pregunta	Pregunta	Porcentaje de opinión: "De acuerdo"	Porcentaje de opinión: "Totalmente de acuerdo"	Porcentaje total de consenso
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de expertos que actualmente no la realiza o la desconoce?	27%	73%	100%
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿Considera que establecer un control de riesgos estrictamente diario asegura el éxito de la integración metodológica?	73%	0%	73%

En este sentido se observó que existe un consenso entre los expertos del panel, frente a las preguntas planteadas en la dimensión de referente a la Gestión de Riesgos.

4.3.5 Dimensión del Rendimiento del personal:

En esta dimensión se decidió realizar 1 pregunta sobre la efectividad de la integración de herramientas.

Para la pregunta 08, relacionada a la precisión en la comparación de tareas, se observó que solo un 26.7% de los expertos aplicaba regularmente herramientas como la Carta Balance previamente. En esta segunda vuelta, se consultó si la integración de las tres herramientas mejoraría la precisión semanal. Se obtuvo un 86% de consenso. Esto demuestra que el panel valida la sinergia de las herramientas como un método superior a los sistemas aislados usados actualmente.

Tabla 35

Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Rendimiento del Personal.

Núm. de pregunta	Pregunta	Porcentaje de opinión: "De acuerdo"	Porcentaje de opinión: "Totalmente de acuerdo"	Porcentaje total de consenso
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?	73%	13%	86%

En este sentido se observó que existe un consenso entre los expertos del panel, frente a las preguntas planteadas en la dimensión de referente al Rendimiento del personal.

4.3.6 Dimensión del Uso eficiente del tiempo:

En esta dimensión se decidió realizar 1 pregunta sobre la viabilidad de las metas de evaluación.

En la pregunta 09, referente a la evaluación del 50% del tiempo no productivo, se observó que los expertos estimaron en la primera ronda que se pierden entre 10 a 20 minutos por cada hora laborable. Se propuso que la metodología puede evaluar este desperdicio a la mitad. Se logró un 100% de consenso, con un 80% de los expertos "Totalmente de acuerdo". Es uno de los puntos con mayor fuerza en el estudio, indicando que la meta de evaluación es altamente viable según los expertos.

Tabla 36

Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Uso eficiente del tiempo.

Núm. de pregunta	Pregunta	Porcentaje de opinión: "De acuerdo"	Porcentaje de opinión: "Totalmente de acuerdo"	Porcentaje total de consenso
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?	20%	80%	100%

En este sentido se observó que existe un consenso entre los expertos del panel, frente a las preguntas planteadas en la dimensión de referente al Rendimiento del personal.

4.3.7 Dimensión del Cumplimiento del cronograma:

En esta dimensión se decidió realizar 1 pregunta para establecer la hoja de ruta final. En la pregunta 10, relacionada al orden lógico de implementación; se observó que para asegurar que se respeten los plazos, se propuso el orden: 1° Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance. Esta secuencia lógica obtuvo un 87% de consenso total (todos marcaron "Totalmente de acuerdo"). Esto establece una conclusión clara: la gestión de riesgos debe ser el cimiento, seguida de la programación rítmica y terminando con el control detallado de la productividad en campo.

Tabla 37

Resumen de respuestas y consenso de la dimensión Cumplimiento del cronograma.

Núm. de pregunta	Pregunta	Porcentaje de opinión: "De acuerdo"	Porcentaje de opinión: "Totalmente de acuerdo"	Porcentaje total de consenso
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?	13%	87%	100%

En este sentido se observó que existe un consenso entre los expertos del panel, frente a las preguntas planteadas en la dimensión de referente al Cumplimiento del cronograma.

4.3.8 Consenso de los expertos tras ejecución de las rondas:

Tras la obtención de resultados de la segunda ronda por parte del panel de expertos, se procede a realizar el análisis de dichas respuestas y determinar si se ha llegado a un consenso tras la ejecución de ambas rondas.

En base a lo señalado por Collado (2021), la metodología Delphi considera que existe un consenso cuando una amplia mayoría de los expertos coincide su respuesta dentro de un margen aprobatorio (70%-80%), pasando así a la etapa de cierre. Específicamente para este estudio, se consideró dentro de la metodología, a la primera ronda como aquella que permite identificar los aspectos generales y el conocimiento de los expertos sobre Takt-Time y Carta Balance; siendo que la segunda ronda de encuestas tendría un enfoque más específico al tratar de evaluar aspectos centrales de cada una de las dimensiones planteadas en el estudio. Esta última ronda evaluó a los expertos y sus respuestas, pudiendo observar si estos recondujeran el argumento enviado en la primera ronda.

Tabla 38

Análisis estadístico

	ITEMS													
INDICADORES	**Takt-time**			**Carta Balance**		**Gestión de riesgos**		**Rendimiento de personal**	**Uso eficiente del tiempo**	**Cumplimiento del cronograma**	**MEDIA (X)**	**MEDIANA (Me)**	**Desviación estándar (DE)**	**Consenso (≥70%)**
EXPERTOS	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**				
E1	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4.60	4.56	0.52	92%
E2	4	4	4	5	4	5	5	3	4	5	4.30	4.33	0.67	86%
E3	4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	4.10	4.11	0.57	82%
E4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4.30	4.33	0.48	86%
E5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	5.00	0.00	100%
E6	5	5	5	4	5	3	3	5	4	3	4.20	4.12	0.92	84%
E7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	5.00	0.00	100%
E8	5	4	5	3	5	5	5	4	5	4	4.50	4.45	0.71	90%
E9	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4.50	4.55	0.53	90%
E10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4.10	4.11	0.32	82%
E11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	5.00	0.00	100%
E12	5	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4.50	4.45	0.85	90%
E13	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4.70	4.67	0.48	94%
E14	4	4	4	4	4	4	3	4	5	4	4.00	4.00	0.47	80%
E15	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	4.60	4.56	0.84	92%

En la tabla se aprecia el consenso de los expertos el cual supera el 70% de concordancia en todas las preguntas, adicional a ello se muestra el análisis estadístico de la segunda ronda de encuestas.

Tabla 39

Matriz de validación de expertos

Factores propuestos como resultado de la validación Delphi					
N° de pregunta	**Dimensión**	**Pregunta**	**Porcentaje de opinión: "De acuerdo"**	**Porcentaje de opinión: "Totalmente de acuerdo"**	**Porcentaje total de consenso**
1	Takt-time	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?	13%	80%	93%
2		Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿Considera la importancia de la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?	13%	87%	100%
3		¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?	20%	73%	93%
4	Carta Balance	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?	73%	7%	80%
5		¿Estaría de acuerdo en que la evaluación del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?	67%	6%	73%
6	Gestión de riesgos	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de expertos que actualmente no la realiza o la desconoce?	27%	73%	100%
7		Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿Considera que establecer un control de riesgos estrictamente diario asegura el éxito de la integración metodológica?	73%	0%	73%
8	Rendimiento del personal	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?	73%	13%	86%
9	Uso eficiente del tiempo	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?	20%	80%	100%
10	Cumplimiento del cronograma	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?	13%	87%	100%

En la tabla se aprecia la validación del instrumento, donde todas las preguntas sobrepasan el 70% de consenso por tanto queda demostrado la validación de nuestras encuestas.

4.4 Integración de las metodologías Takt-time y Carta Balance para la evaluación la productividad laboral.

Una vez teniéndolas respuestas de los expertos en cada una de las dimensiones, se realizará la integración de las herramientas de Carta Balance y Takt-Time; teniendo como herramienta de apoyo a PMBOK (Project Management Body of Knowledge) del PMI (Project Management Institute, 2025). De esta forma se presentarán opciones que contribuyan a mejorar las partidas más demandantes y que muchas veces sufren de retrasos por los diferentes factores detectados gracias a la recepción de respuestas en las encuestas.

Los expertos señalaron en su mayoría que las actividades más perjudicadas corresponden a las partidas de estructuras e instalaciones eléctricas o sanitarias; esta información se puede contrastar con la pregunta 5 de la Tabla 10. Para ello, se han enumerado las siguientes actividades afectadas frecuentemente por los retrasos y mala gestión de tiempos, estas mismas habiendo sido resaltadas por los profesionales expertos.

Para las partidas de estructuras se hace hincapié en las siguientes:

Cimentaciones:

- Demora en el proceso de excavación.
- Compactación o mala dosificación del concreto.

Columnas:

- Mal encofrado y demora del desencofrado.
- Demora en el proceso de curado y su mala aplicación.

Vigas:

- Mal encofrado y demora del desencofrado.
- Demora en el proceso de curado y su mala aplicación.

Muros de albañilería:

- Espesor de mortero entre ladrillos.
- Demoras en nivelación.

4.4.1 Análisis de las actividades mediante la Carta Balance:

Debido a la naturaleza de dicha herramienta, estas están destinadas a recopilar la información sobre las actividades de un trabajador durante un lapso dedicado a la observación, el tiempo estipulado para las diferentes actividades será de 30 minutos, teniendo en cuenta el número de trabajadores implicados en cada actividad. Dentro de las cartas balance de las diferentes partidas se tendrá la nomenclatura:

- TP – Trabajo productivo.
- TC – Trabajo contributivo.
- TNC – Trabajo no contributivo.

Y tal cual indica su nombre la definición va desde la más beneficiosa a la más perjudicial. Para en consecuencia de esto, generar un gráfico circular que nos ayudará a observar cuanto tiempo es bien invertido en la actividad durante el lapso de observación de 30 minutos.

Los proyectos analizados mediante la Carta Balance cuyos datos fueron brindados por los profesionales expertos y cuyo rol laboral se encontraba en dichos proyectos son los siguientes:

- Un mejoramiento y ampliación del servicio de educación en el distrito de Santa Rita de Siguas, provincia de Arequipa.
- Un mejoramiento de los servicios educativos en el distrito de Cayma, provincia de Arequipa.
- Un mejoramiento del servicio educativo del nivel inicial en el Asentamiento Humano, Distrito de Selva Alegre, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

Los dos primeros son los proyectos que se encuentran finalizados, mientras que el tercer proyecto figura en proceso de ejecución en la página de Infobras de la Contraloría General de la República.

Mediante la opinión directa de los expertos y sus respuestas en las encuestas realizadas, se obtuvieron las siguientes partidas más críticas en los correspondientes proyectos.

4.4.1.1 Proyecto con partidas analizadas con herramientas Carta Balance:

Dentro de los tres proyectos analizados, uno de ellos fue mediante la implementación de Cartas Balance en el control de las partidas in situ, el proyecto denominado: “Ampliación del servicio educativo del nivel primaria de la I.E Las Flores, en el distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa y Departamento de Arequipa”.

Las partidas analizadas en este proyecto estuvieron centradas principalmente en aquellas pertenecientes al caso gris, siendo estas:

- Excavaciones C/equipo para cimentaciones.
- Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.
- Concreto premezclado en zapatas f'c=210 kg/cm.
- Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en columnas.
- Encofrado y desencofrado normal en columnas.
- Concreto premezclado en columnas f'c=210 kg/cm2.
- Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas.
- Encofrado y desencofrado normal en vigas.
- Concreto premezclado en vigas f'c=kg/cm2.
- Muro de ladrillo K.K de soga con mezcla de 1:5

Con lo anterior mencionado, se procede a mostrar los análisis obtenidos de cada partida mediante el uso de la herramienta Carta Balance.

A. Excavaciones c/equipo para cimentaciones:

Perteneciente al movimiento de tierras, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo productivo:

- Excavación con maquinaría.
- Extracción de material con maquinaría.
- Perfilado final de las zanjas.
- Extracción de material con herramienta manual.

b. Trabajo contributivo:

- Posicionamiento de la máquina.
- Verificación de trazos y niveles.
- Comunicación operario-peón.
- Colocación de señalización.

c. Trabajo no contributivo:

- Retrabajo por excavación fuera de nivel.
- Demoras por falta de definición del área a intervenir.
- Demoras por falta de combustible.
- Esperas por interferencias.
- Traslado innecesario de la excavadora.

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario y 02 peones.

Figura 58

Carta Balance de la partida excavaciones c/equipo para cimentaciones.

CARTA BALANCE PARTIDA: EXCAVACIONES C/EQUIPO PARA CIMENTACIONES	CARTA-001 SUBTITULO: MOVIMIENTO DE TIERRAS TITULO: ESTRUCTURAS
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	**CODICO UNICO DE INVERSION:** 252506

PARTIDA: EXCAVACIONES C/EQUIPO PARA CIMENTACIONES

	CUADRILLA		
Tiempo (min)	1	2	3
1	11	14	14
2	13	13	12
3	22	14	14
4	1	14	14
5	1	14	14
6	1	24	24
7	1	24	24
8	1	24	24
9	2	12	12
10	2	12	12
11	13	13	3
12	11	3	3
13	1	3	3
14	1	3	3
15	1	3	3
16	1	3	3
17	2	3	3
18	2	4	3
19	13	4	4
20	11	4	4
21	1	3	4
22	1	3	4
23	1	3	21
24	1	3	21
25	1	3	3
26	1	3	3
27	2	3	3
28	2	4	3
29	2	4	4
30	11	4	4
RESULTADOS:			
TP	22	19	18
TC	7	8	7
TNC	1	3	5

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Excavacion con maquinaria
2	Extraccion de material con maquinaria
3	Perfilado final de las zanjas
4	Extracción de material con herramienta manual
5	
6	
7	
8	
9	
10	

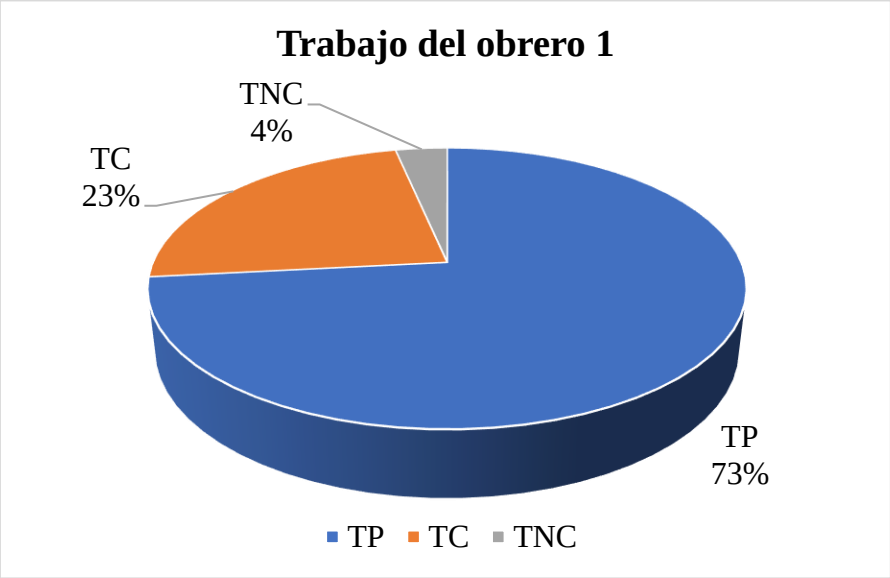
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Posicionamiento de la maquina
12	Verificacion de trazos y niveles
13	Comunicación operario - peon
14	Colocación de señalizacion
15	
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Retrabajo por excavacion fuera de nivel
22	Demoras por falta de definicion del area a intervenir
23	Demora por falta de combustible
24	Esperas por interferencia
25	Traslado innecesario de la excavadora
26	
27	
28	
29	
30	

Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 59

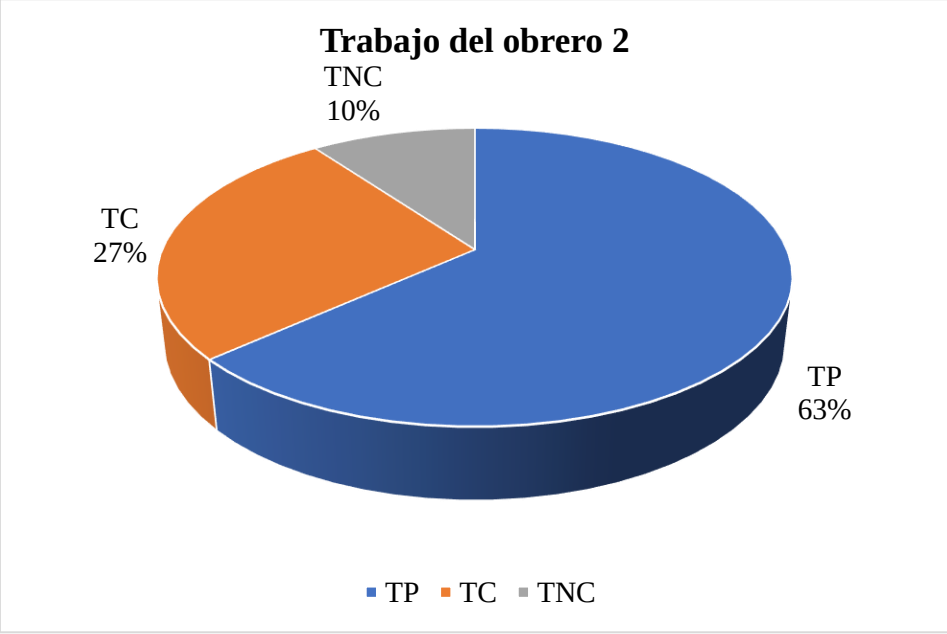
Trabajo del obrero 1.



El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tiene un trabajo productivo del 73%, un trabajo contributivo del 23%, y un trabajo no contributivo del 4% durante la ejecución de la actividad.

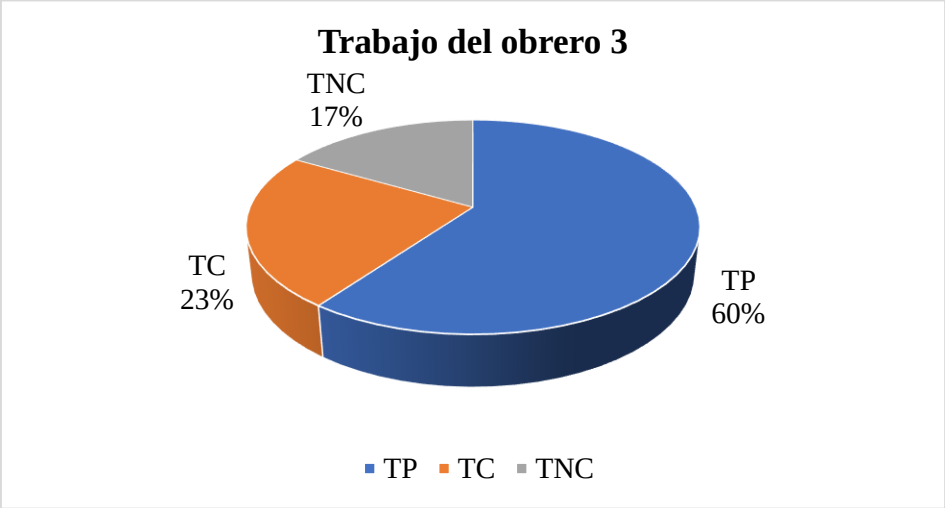
Figura 60

Trabajo del obrero 2.



El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer peón, tuvo un trabajo productivo del 63%, un trabajo contributivo del 27%, y un trabajo no contributivo del 10% durante la ejecución de la actividad.

Figura 61
Trabajo del obrero 3.



El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo peón, tuvo un trabajo productivo del 60%, un trabajo contributivo del 23%, y un trabajo no contributivo del 17% durante la ejecución de la actividad.

B. Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en zapatas:

Perteneciente a la inserción de acero corrugado en zapatas, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo productivo:

- Corte de acero.
- Doblado de acero.
- Amarre de acero.
- Colocación y armado.

b. Trabajo contributivo:

- Marcado de referencia.
- Traslado a zona de uso.
- Preparación de herramientas y equipos.
- Limpieza de la zona de Armado.
- Colocación de dados de concreto.

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por materiales.
- Espera a indicaciones.
- Descansos.

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario y 02 oficiales, 02 peones.

Figura 62

Carta Balance de la partida de acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.

CARTA BALANCE
PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN ZAPATAS

CARTA-002	
SUBTITULO:	
ZAPATAS	
TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO	
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	**CODICO UNICO DE INVERSION:** 252506

PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN ZAPATAS

	CUADRILLA				
Tiempo (min)	1	2	3	4	5
1	21	12	12	12	12
2	21	12	12	12	12
3	11	12	12	12	12
4	11	12	12	12	12
5	11	12	12	12	12
6	11	12	12	12	12
7	11	11	11	12	12
8	11	11	11	12	12
9	11	11	11	12	23
10	11	1	1	12	12
11	2	1	1	12	12
12	2	1	1	23	12
13	2	1	1	23	12
14	23	1	1	12	12
15	2	1	1	12	12
16	2	1	1	12	12
17	2	1	1	12	12
18	2	22	22	12	12
19	2	1	1	22	22
20	2	1	1	3	3
21	2	1	1	3	3
22	2	1	1	3	3
23	2	1	1	3	3
24	23	1	1	3	3
25	23	1	1	3	3
26	15	22	22	3	3
27	15	4	4	3	3
28	15	4	4	3	23
29	15	4	4	3	3
30	15	4	4	3	3
RESULTADOS:					
TP	12	19	19	11	10
TC	13	9	9	16	17
TNC	5	2	2	3	3

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Corte de acero
2	Doblado de acero
3	amarre de acero
4	Colocación y armado
5	
6	
7	
8	
9	
10	

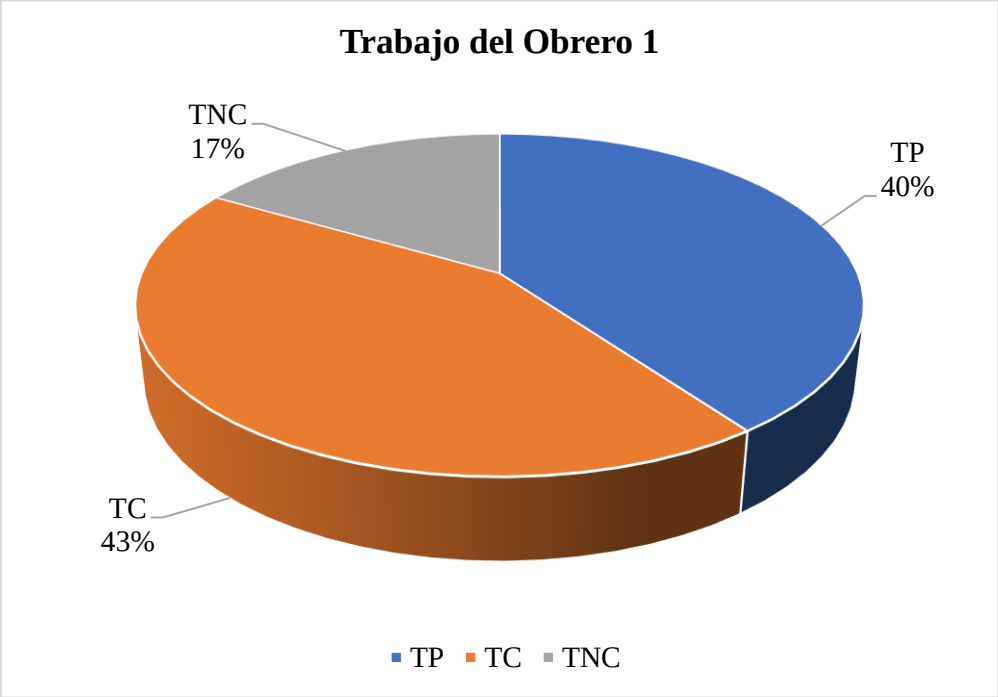
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Marcado de referencia
12	Traslado a zona de uso
13	Preparación de herramientas y equipos
14	Limpieza de la zona de Armado
15	Colocacion de dados de concreto
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por materiales
22	Espera a indicaciones
23	Descansos
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 63

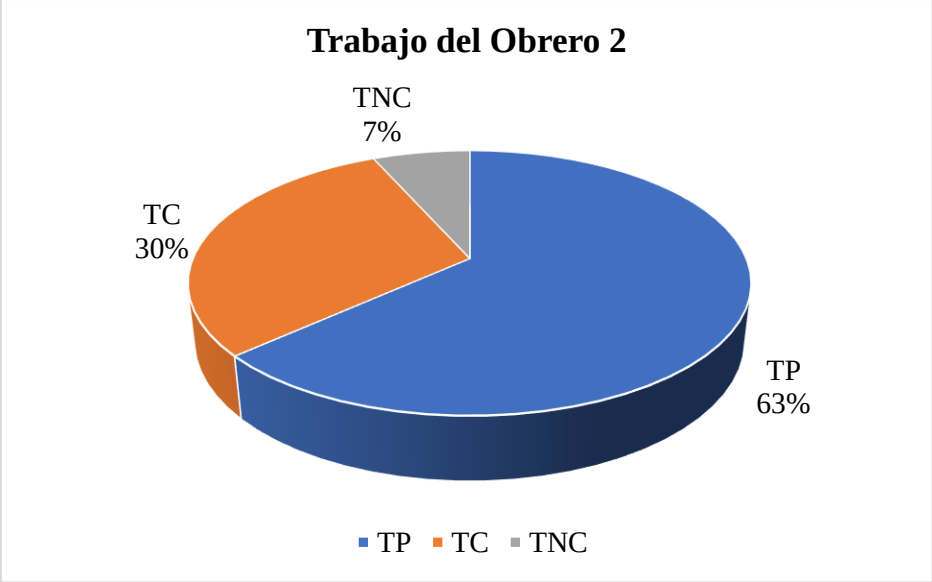
Trabajo del obrero 1



El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tuvo un trabajo productivo del 40%, un trabajo contributivo del 43%, y un trabajo no contributivo del 17% durante la ejecución de la actividad.

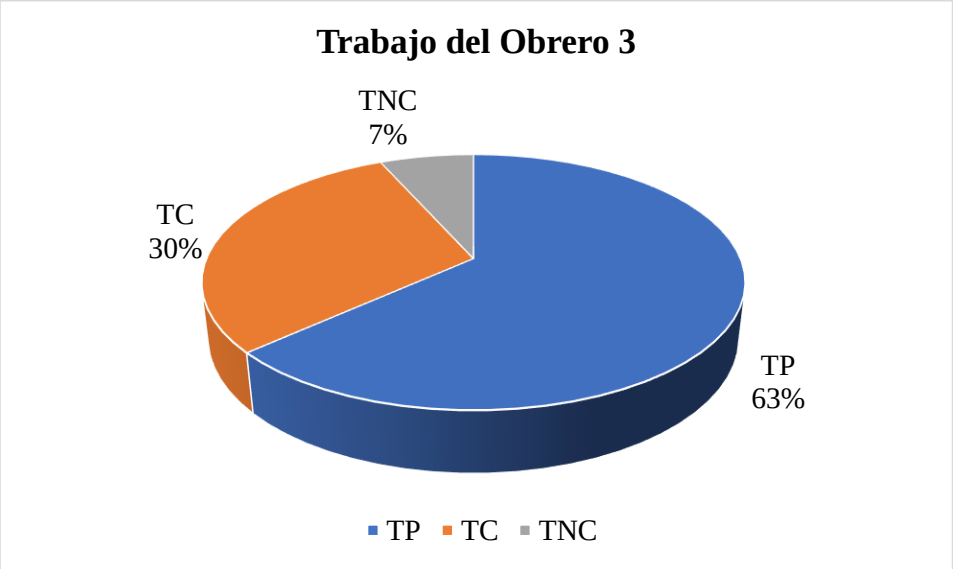
Figura 64

Trabajo del obrero 2.



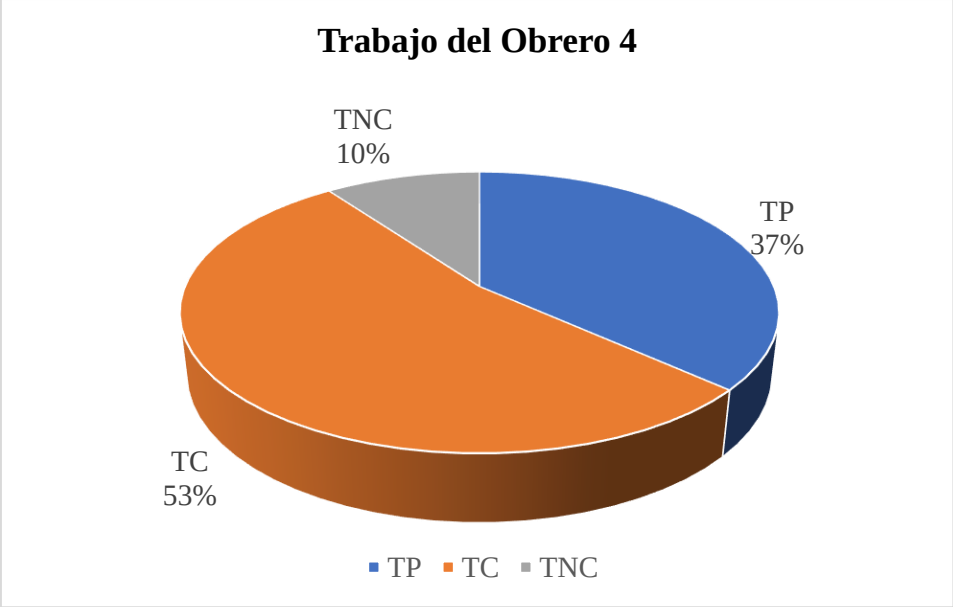
El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer oficial, tuvo un trabajo productivo del 63%, un trabajo contributivo del 30%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 65
Trabajo del obrero 3.



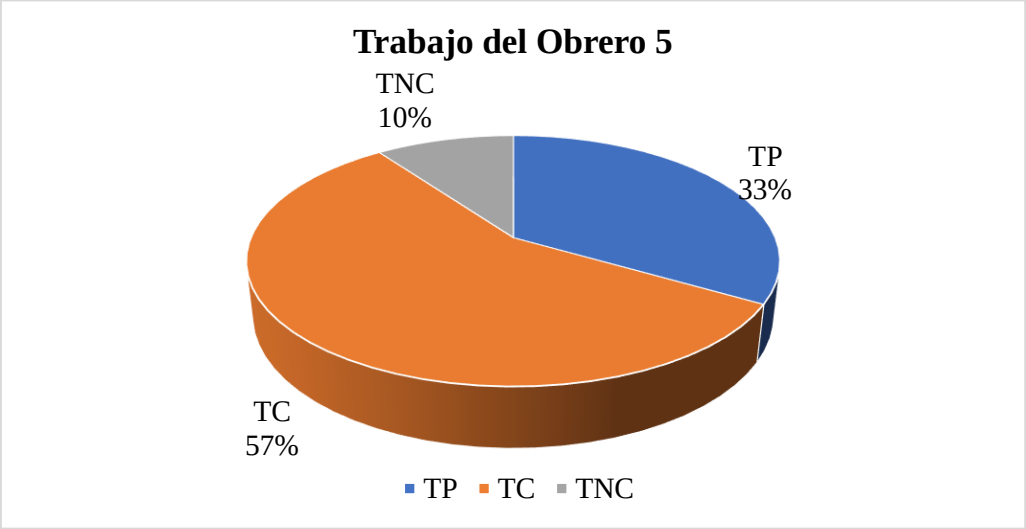
El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo oficial, tuvo un trabajo productivo del 63%, un trabajo contributivo del 30%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 66
Trabajo del obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer peón, tuvo un trabajo productivo del 37%, un trabajo contributivo del 53%, y un trabajo no contributivo del 10% durante la ejecución de la actividad.

Figura 67
Trabajo del obrero 5.



El quinto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo peón, tuvo un trabajo productivo del 33%, un trabajo contributivo del 57%, y un trabajo no contributivo del 10% durante la ejecución de la actividad.

C. Concreto en zapatas f'c=210 kg/cm premezclado en obra:

Perteneciente al concreto premezclado en zapatas, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo productivo:

- Vaciado/ Colocación
- Distribución de concreto
- Vibrado
- Reglado de concreto

b. Trabajo contributivo:

- Comunicación operario Mixer - operario
- Preparación y limpieza de la zona a intervenir
- Verificación de niveles

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por equipos
- Espera por herramientas Manuales
- Tiempo de descanso
- Corrección de desperdicios
- Desplazamientos innecesarios

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario, 01 oficial y 02 peones.

Figura 68

Carta Balance de la partida de concreto zapatas f'c=210 kg/cm2 premezclado en obra.

CARTA BALANCE PARTIDA: CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2 PREMEZCLADO EN OBRA	CARTA-003 SUBTITULO: ZAPATAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	CODICO UNICO DE INVERSION: 252506

PARTIDA: CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2 PREMEZCLADO EN OBRA

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1	21	21	12	12
2	21	21	12	12
3	11	11	12	12
4	1	2	2	3
5	1	2	2	2
6	1	2	2	3
7	1	2	2	2
8	1	2	22	3
9	11	13	2	3
10	1	13	2	23
11	1	2	2	3
12	1	2	2	3
13	1	2	2	3
14	11	4	25	21
15	1	4	2	3
16	1	4	2	2
17	1	4	2	3
18	1	4	2	2
19	1	24	2	21
20	1	2	2	3
21	1	13	22	3
22	11	13	23	13
23	1	4	2	2
24	1	4	2	3
25	1	4	2	3
26	1	4	2	23
27	1	4	2	2
28	1	23	2	3
29	1	2	2	2
30	1	2	2	3
RESULTADOS:				
TP	24	21	23	22
TC	4	5	3	4
TNC	2	4	4	4

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

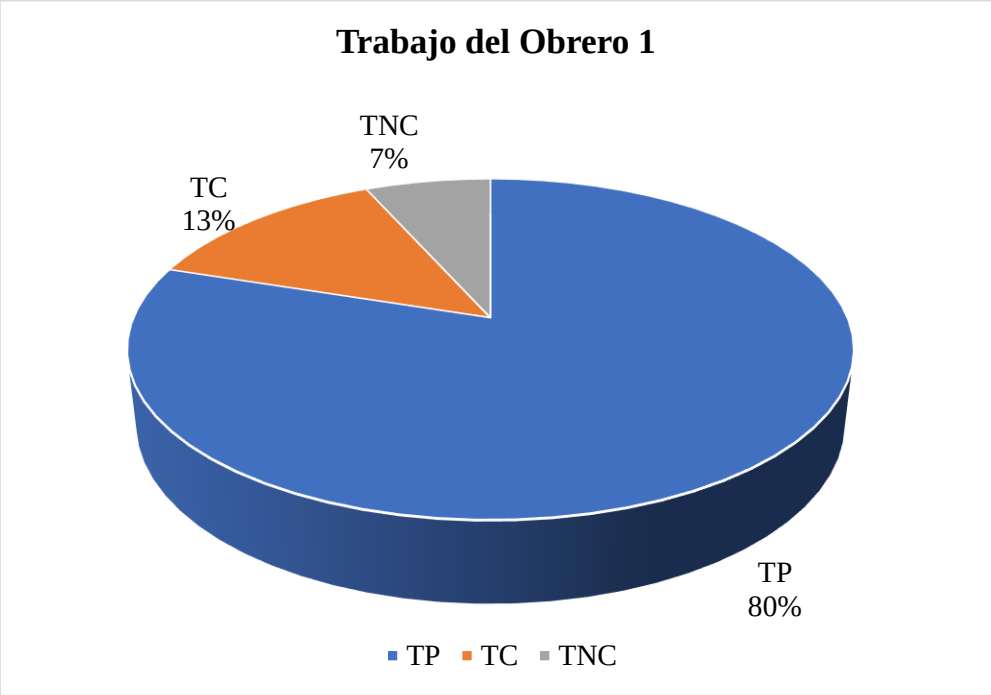
TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Vaciado/ Colocación
2	Distribución de concreto
3	Vibrado
4	Reglado de concreto
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Comunicación operario Mixer - operario
12	Preparación y limpieza de la zona a intervenir
13	Verificacion de niveles
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por equipos
22	Espera por herramientas Manuales
23	Tiempo de descanso
24	Correcion de desperdicios
25	Desplazamiento innecesarios
26	
27	
28	
29	
30	

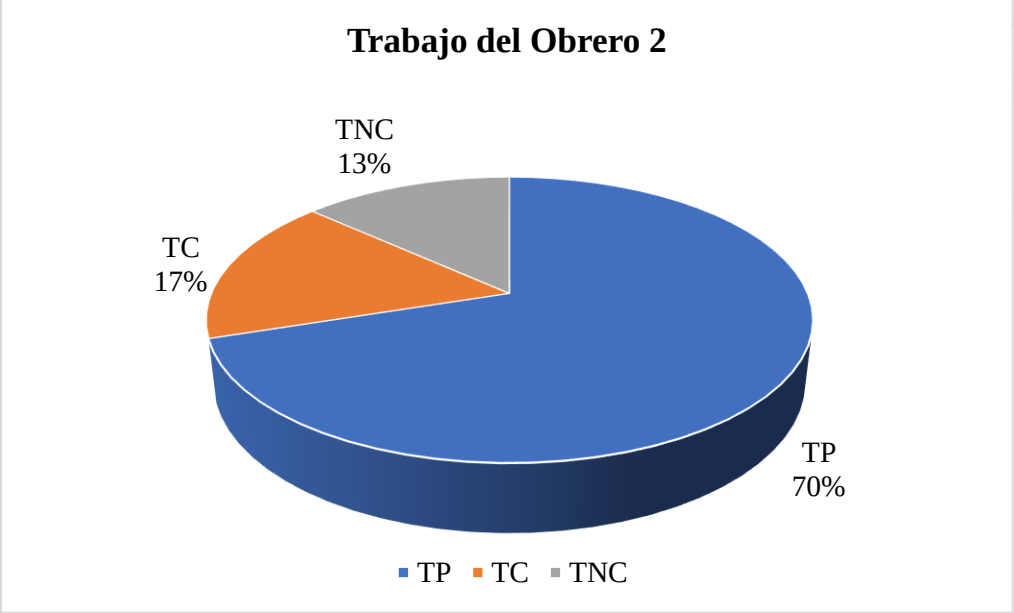
Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 69
Trabajo del obrero 1.



El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tuvo un trabajo productivo del 80%, un trabajo contributivo del 13%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

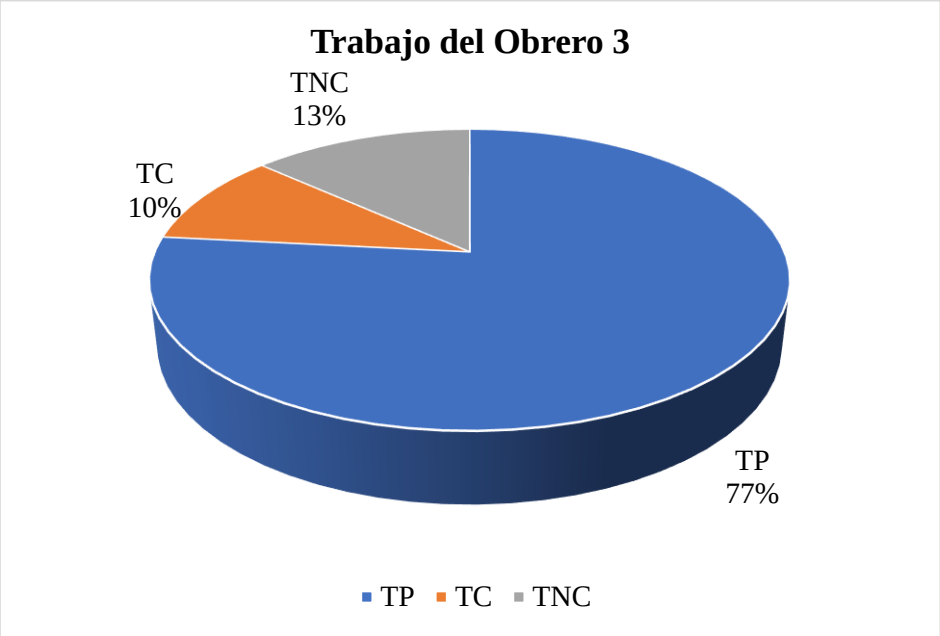
Figura 70
Trabajo del obrero 2.



El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el oficial, tuvo un trabajo productivo del 70%, un trabajo contributivo del 17%, y un trabajo no contributivo del 13% durante la ejecución de la actividad.

Figura 71

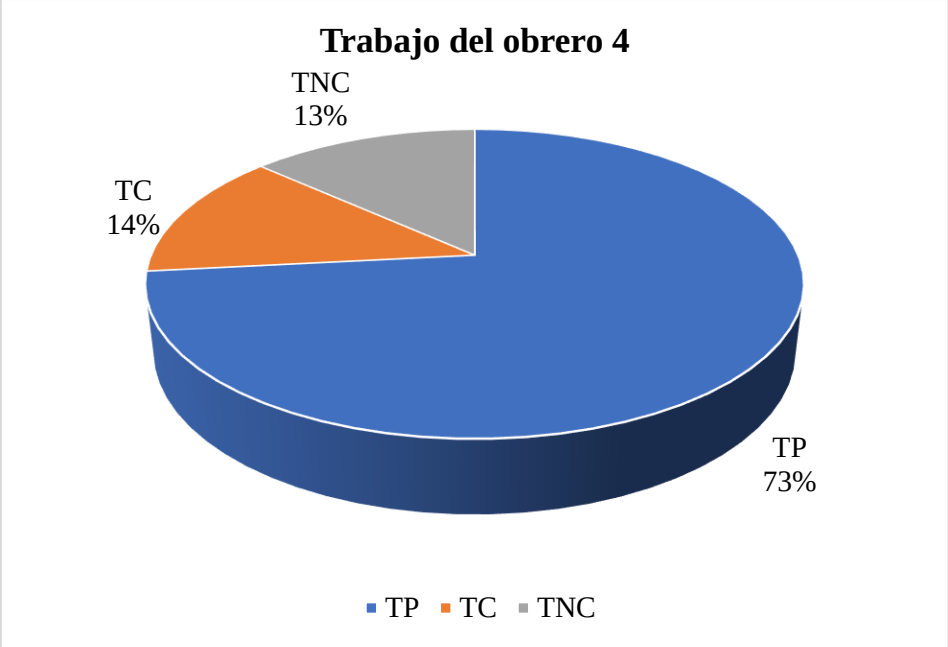
Trabajo del obrero 3.



El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer peón, tuvo un trabajo productivo del 77%, un trabajo contributivo del 10%, y un trabajo no contributivo del 13% durante la ejecución de la actividad.

Figura 72

Trabajo del obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo peón, tuvo un trabajo productivo del 73%, un trabajo contributivo del 14%, y un trabajo no contributivo del 13% durante la ejecución de la actividad.

D. Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en columnas:

Perteneciente a la implementación de acero corrugado en columnas, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo productivo:

- Corte de acero .
- Doblado de Estribos y ganchos.
- Colocación de acero.
- Amarre de estribos.

b. Trabajo contributivo:

- Traslado de acero.
- Verificación del espaciado.
- Medición y Alineación Vertical.
- Limpieza del acero.
- Marcado de referencia.

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por materiales.
- Espera a indicaciones.
- Descansos.
- Retrabajo por mala lectura de planos.
- Interferencia con otras actividades**.**

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario, 02 oficial y 02 peones.

Figura 73

Carta Balance de la partida de acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en columnas.

CARTA BALANCE
PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN COLUMNAS

	PPP-004
	SUBTITULO: COLUMNAS
	TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	CODICO UNICO DE INVERSION: 252506

PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN COLUMNAS

	CUADRILLA				
Tiempo (min)	1	2	3	4	5
1	15	11	11	11	11
2	15	11	11	11	11
3	15	11	11	11	11
4	15	1	1	11	11
5	15	1	1	25	25
6	15	1	1	25	25
7	15	1	24	11	11
8	15	2	1	11	11
9	15	2	1	14	14
10	15	2	1	14	14
11	15	2	1	14	14
12	15	2	1	14	14
13	15	2	1	14	14
14	22	2	1	22	22
15	15	2	1	4	4
16	2	2	1	4	4
17	2	2	1	4	4
18	2	2	1	23	21
19	2	2	1	4	4
20	2	2	1	4	4
21	2	2	1	4	4
22	2	2	1	4	4
23	12	2	1	4	23
24	13	2	1	14	14
25	23	2	1	14	14
26	1	2	1	21	4
27	1	2	1	4	4
28	1	2	1	4	4
29	1	2	1	4	4
30	1	2	1	4	4
RESULTADOS:					
TP	12	27	26	12	12
TC	16	3	3	13	13
TNC	2	0	1	5	5

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

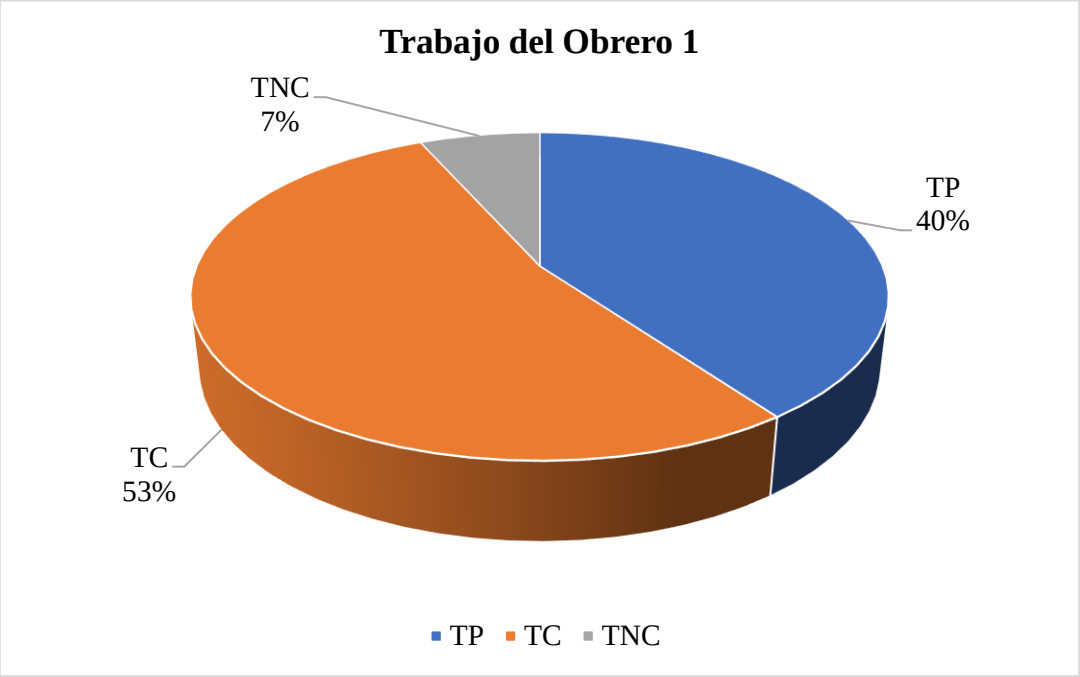
TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Corte de acero
2	Doblado de Estribos y ganchos
3	Colocación de acero
4	Amarre de estribos
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Traslado de acero
12	Verificacion de espaciamente
13	Medición y Alineación Vertical
14	Limpieza del acero
15	Marcado de referencia
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por materiales
22	Espera a indicaciones
23	Descansos
24	Retrabajo por mala lectura de planos
25	Interferencia con otras actividades
26	
27	
28	
29	
30	

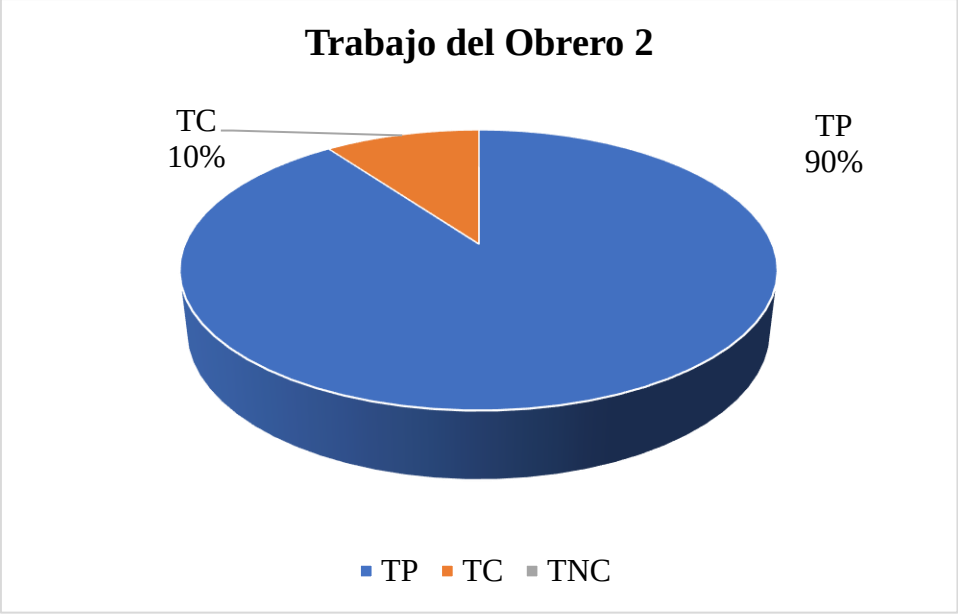
Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 74
Trabajo del Obrero 1.



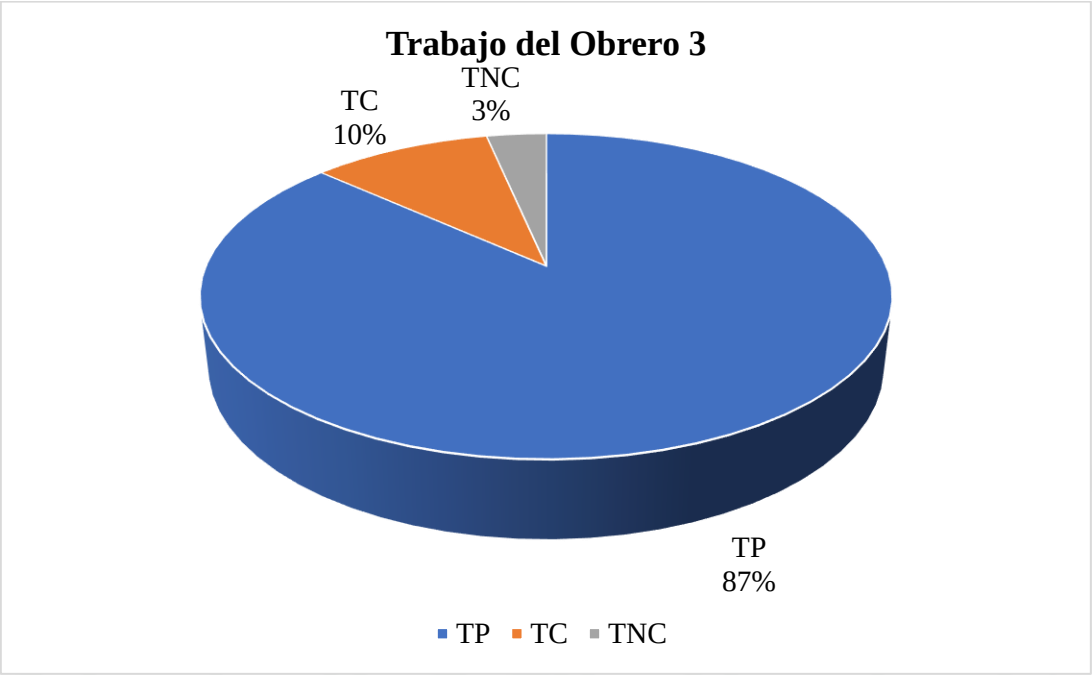
El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tuvo un trabajo productivo del 40%, un trabajo contributivo del 53%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 75
Trabajo del Obrero 2.



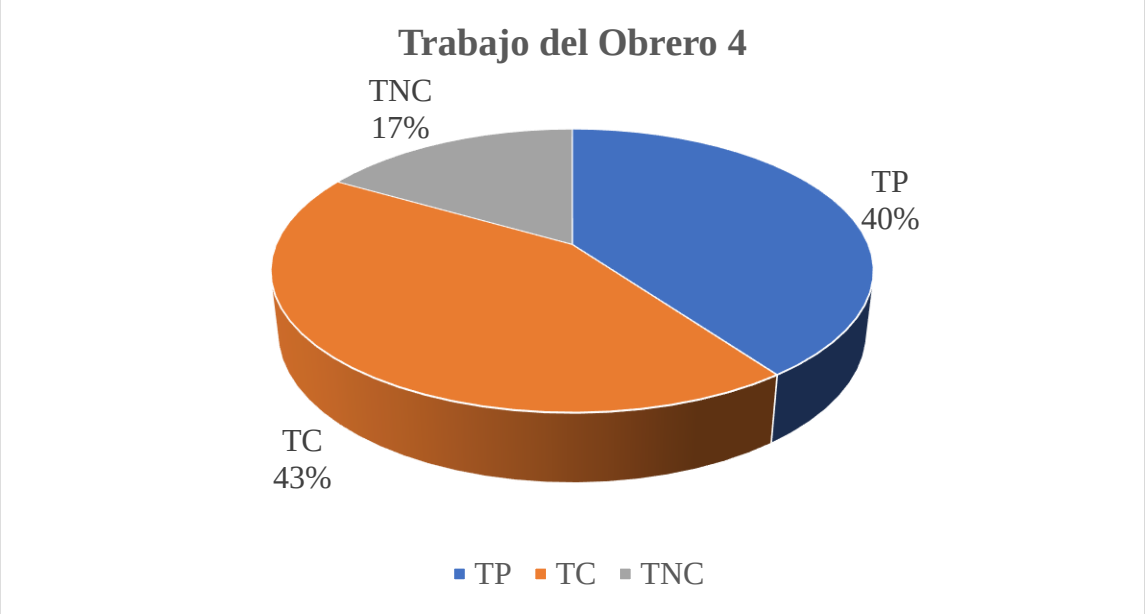
El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el oficial, tuvo un trabajo productivo del 90% y un trabajo contributivo del 10% durante la ejecución de la actividad.

Figura 76
Trabajo del Obrero 3.



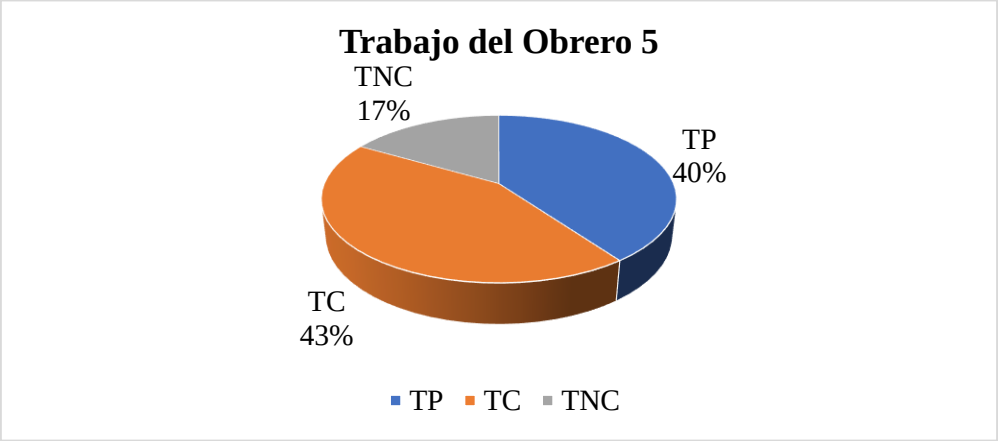
El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el oficial, tuvo un trabajo productivo del 87%, un trabajo contributivo del 10% y un 3% del trabajo no contributivo durante la ejecución de la actividad.

Figura 77
Trabajo del Obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer peón, tuvo un trabajo productivo del 40%, un trabajo contributivo del 43%, y un trabajo no contributivo del 17% durante la ejecución de la actividad.

Figura 78
Trabajo del Obrero 5.



El quinto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo peón, tuvo un trabajo productivo del 40%, un trabajo contributivo del 43%, y un trabajo no contributivo del 17% durante la ejecución de la actividad.

E. Encofrado y desencofrado normal en columnas:

Perteneciente al encofrado y desencofrado en columnas, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo productivo:

- Corte de paneles
- Montaje de las 4 caras
- Armado Final del Cajón
- Colocación de listones
- Alineamiento y plomado
- Verificación de recubrimientos

b. Trabajo contributivo:

- Traslado del Material
- Aplicación de Desmoldante
- Traslado de equipos y herramientas
- Limpieza y preparación de trabajo
- Marcado de Referencia

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por falta de materiales
- Retrabajo por mal armado
- Espera a indicaciones

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario, 01 oficial y 01 peón.

Figura 79

Carta Balance de la partida de encofrado y desencofrado normal de columnas.

CARTA BALANCE
PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE COLUMNAS

	PPP-005
	SUBTITULO: COLUMNAS
	TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	CODICO UNICO DE INVERSION: 252506

PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE COLUMNAS

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1	11	11	13	13
2	11	11	13	13
3	11	11	11	11
4	15	11	15	11
5	15	11	15	11
6	15	11	15	11
7	15	11	15	11
8	15	11	15	11
9	21	11	15	11
10	1	11	1	11
11	1	11	1	11
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	4	1	4
16	1	4	1	4
17	1	4	1	4
18	14	12	14	12
19	14	23	14	23
20	2	2	2	2
21	2	2	2	2
22	2	2	2	2
23	21	2	23	2
24	2	2	2	2
25	2	2	2	2
26	5	5	5	23
27	5	5	5	22
28	5	5	5	5
29	3	5	3	5
30	6	5	6	5
RESULTADOS:				
TP	18	17	18	15
TC	10	12	11	12
TNC	2	1	1	3

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

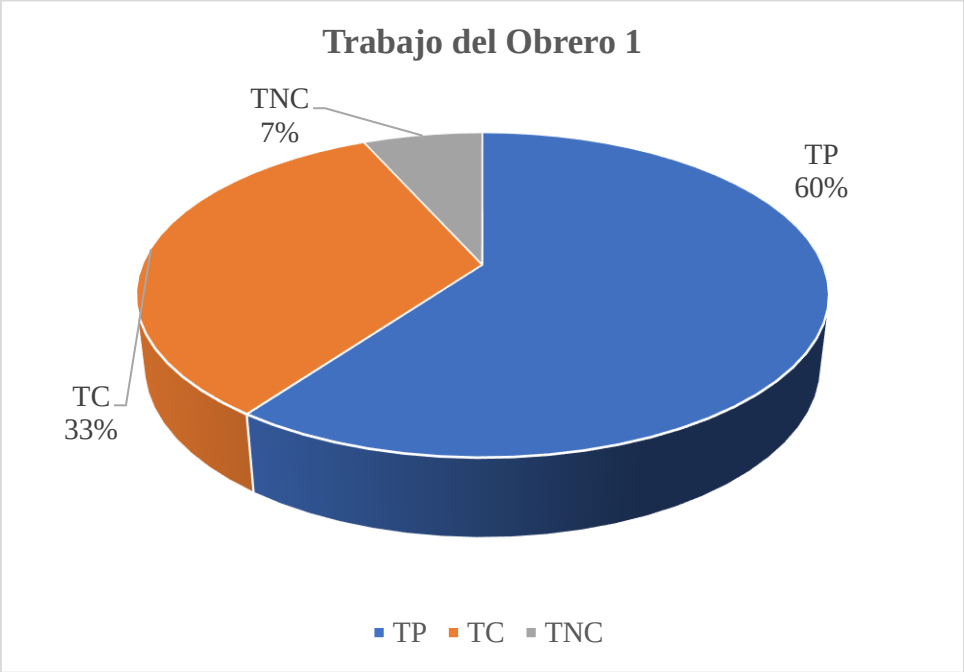
TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Corte de paneles
2	Montaje de las 4 caras
3	Armado Final del Cajón
4	Colocacion de listones
5	Alineamieto y plomado
6	Verificacon de recubrimientos
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Traslado del Material
12	Aplicación de Desmoldante
13	Traslado de equipos y herramientas
14	Limpieza y preparación de trabajo
15	Marcado de Referencia
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por falta de materiales
22	Retrabajo por mal armado
23	Espera a indicaciones
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

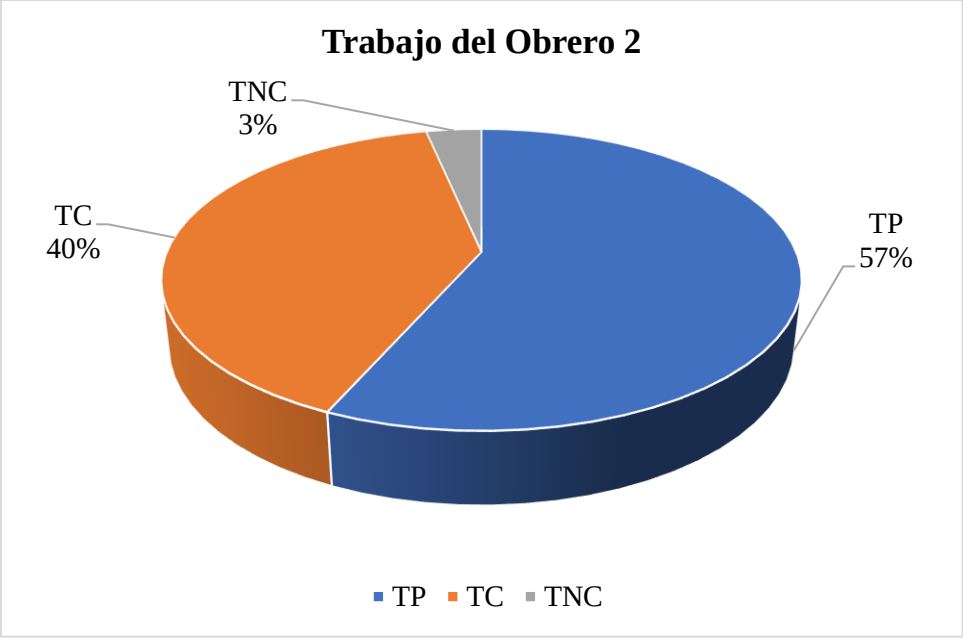
Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 80
Trabajo del obrero 1.



El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tuvo un trabajo productivo del 60%, un trabajo contributivo del 33%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

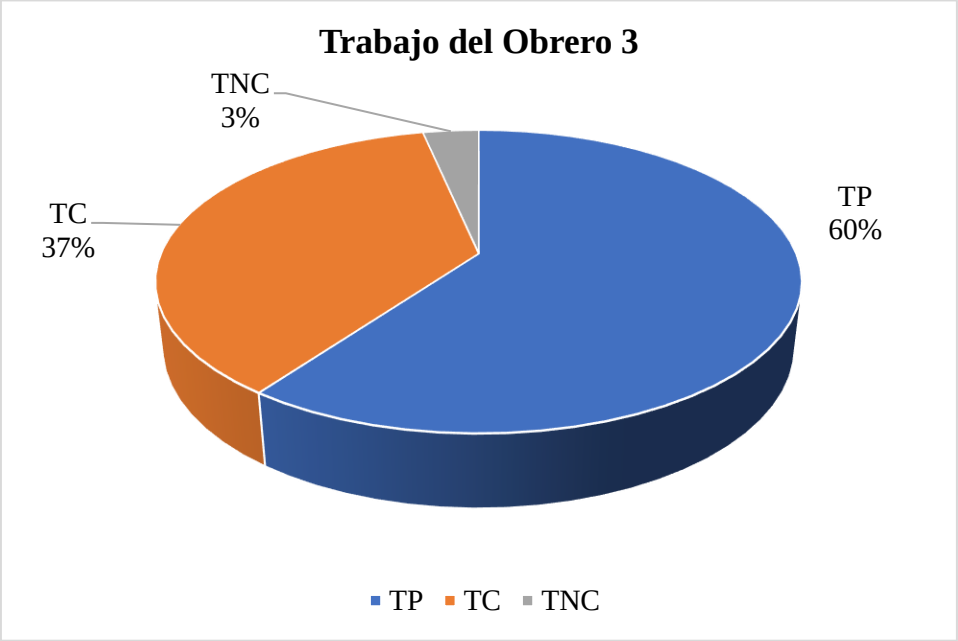
Figura 81
Trabajo del obrero 2.



El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el oficial, tuvo un trabajo productivo del 57%, un trabajo contributivo del 40%, y un trabajo no contributivo del 3% durante la ejecución de la actividad.

Figura 82

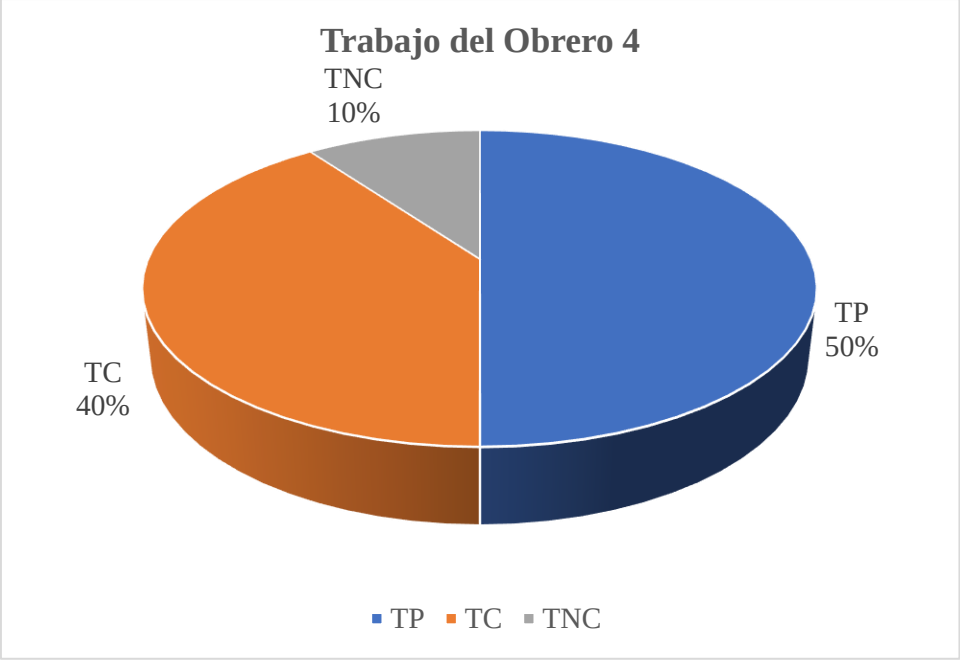
Trabajo del obrero 3.



El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer peón, tuvo un trabajo productivo del 60%, un trabajo contributivo del 37%, y un trabajo no contributivo del 3% durante la ejecución de la actividad.

Figura 83

Trabajo del obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo peón, tuvo un trabajo productivo del 50%, un trabajo contributivo del 40%, y un trabajo no contributivo del 10% durante la ejecución de la actividad.

F. Concreto en columnas f'c=210 kg/cm2 Mixer:

Perteneciente al concreto en columnas mediante mixer, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo productivo:

- Vaciado de concreto
- Vibrado de concreto
- Nivelación y acabado superior
- Vibrado Manual

b. Trabajo contributivo:

- Preparación y limpieza del área de trabajo
- Revisión de encofrado previo al vaciado
- Traslado de Equipos y Herramientas
- Comunicación operario Mixer - operario

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por demora de mixer
- Ubicación de mixer
- Paradas por mala coordinación
- Desplazamientos innecesarios
- Espera a indicaciones

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario, 02 oficial y 01 peón.

Figura 84

Carta Balance de la partida de concreto en columnas f'c=210 kg/cm2 mixer.

CARTA BALANCE
PARTIDA: CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2 MIXER

PPP-006	
SUBTITULO:	COLUMNAS
TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO	
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	CODICO UNICO DE INVERSION: 252506

PARTIDA: CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2 EN OBRA

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1	11	13	13	11
2	12	13	13	12
3	12	12	13	12
4	14	12	12	12
5	24	1	2	4
6	4	1	2	4
7	4	1	2	4
8	14	1	2	4
9	4	25	25	4
10	4	1	2	4
11	4	1	2	25
12	4	1	2	4
13	3	1	2	4
14	3	1	2	4
15	3	1	2	23
16	14	22	22	22
17	12	1	24	12
18	12	1	2	4
19	4	1	2	4
20	4	1	2	4
21	4	1	2	4
22	4	1	2	4
23	4	1	2	4
24	3	1	2	4
25	3	1	2	4
26	14	22	22	22
27	12	1	2	12
28	12	1	2	4
29	4	1	2	4
30	4	1	2	4
RESULTADOS:				
TP	18	23	22	20
TC	11	4	4	6
TNC	1	3	4	4

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON

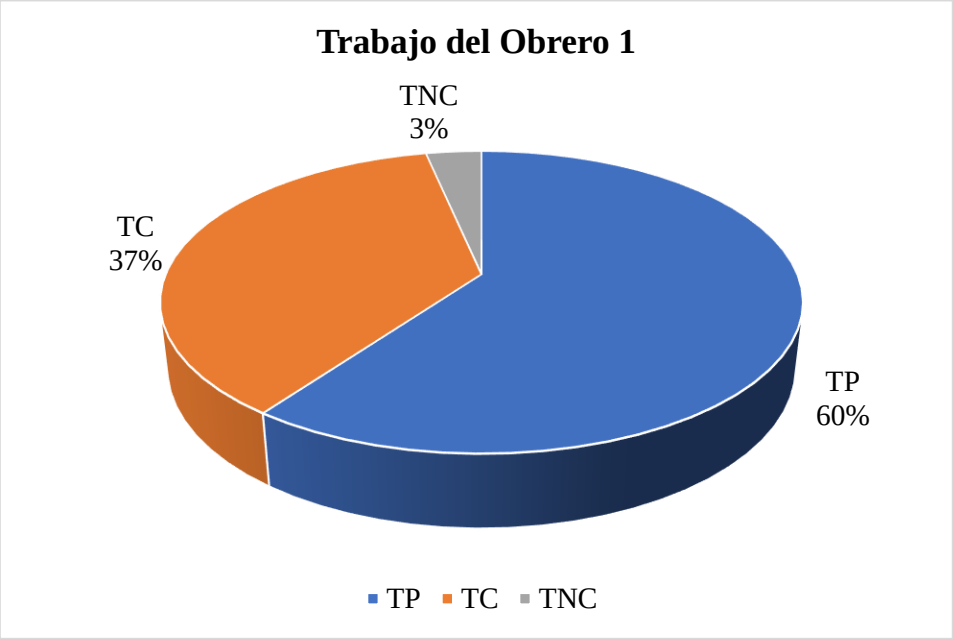
TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Vaciado de concreto
2	Vibrado de concreto
3	Nivelación y acabado superior
4	Vibrado Manual
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Preparación y limpieza del area de trabajo
12	Revision de encofrado previo al vaciado
13	Traslado de Equipos y Herramientas
14	Comunicación operario Mixer - operario
15	
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por demora de mixer
22	Ubicación de mixer
23	Paradas por mala coordinacion
24	Desplazamiento innecesarios
25	Espera a indicaciones
26	
27	
28	
29	
30	

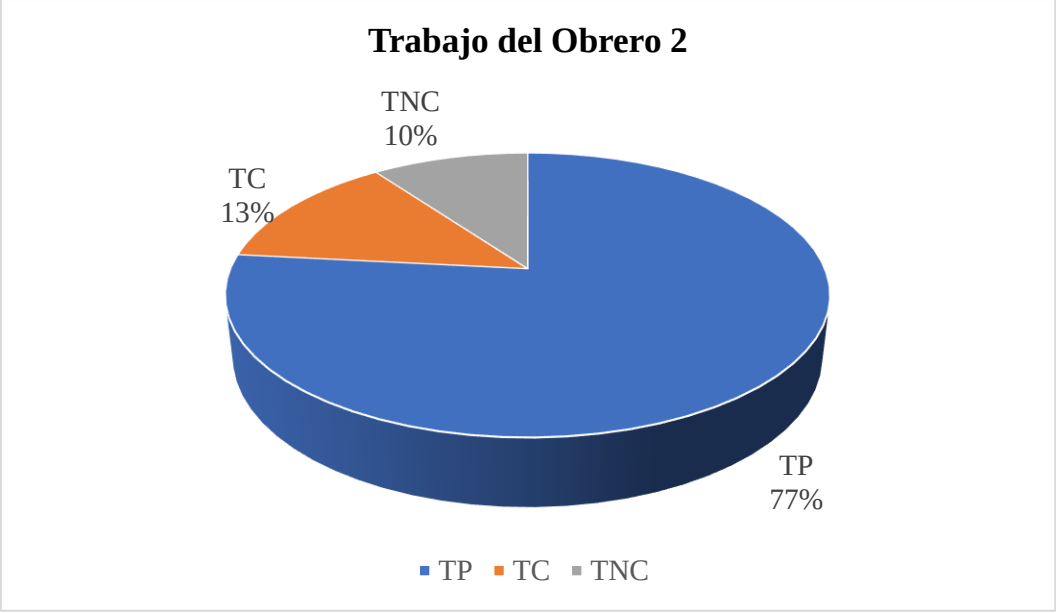
Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 85
Trabajo del obrero 1.



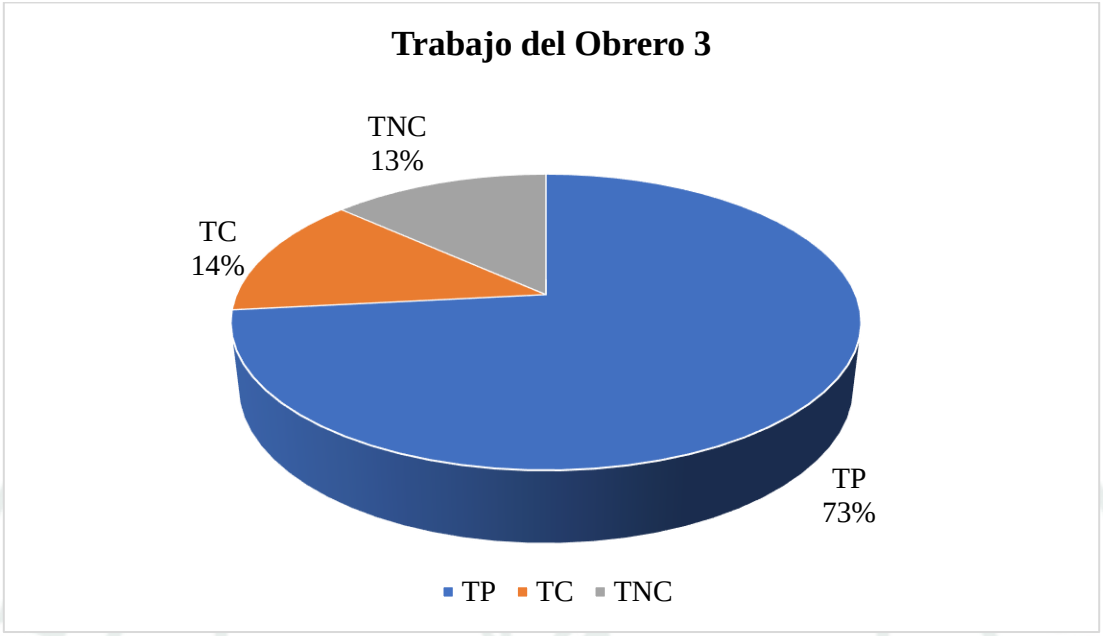
El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tuvo un trabajo productivo del 60%, un trabajo contributivo del 37%, y un trabajo no contributivo del 3% durante la ejecución de la actividad.

Figura 86
Trabajo del obrero 2.



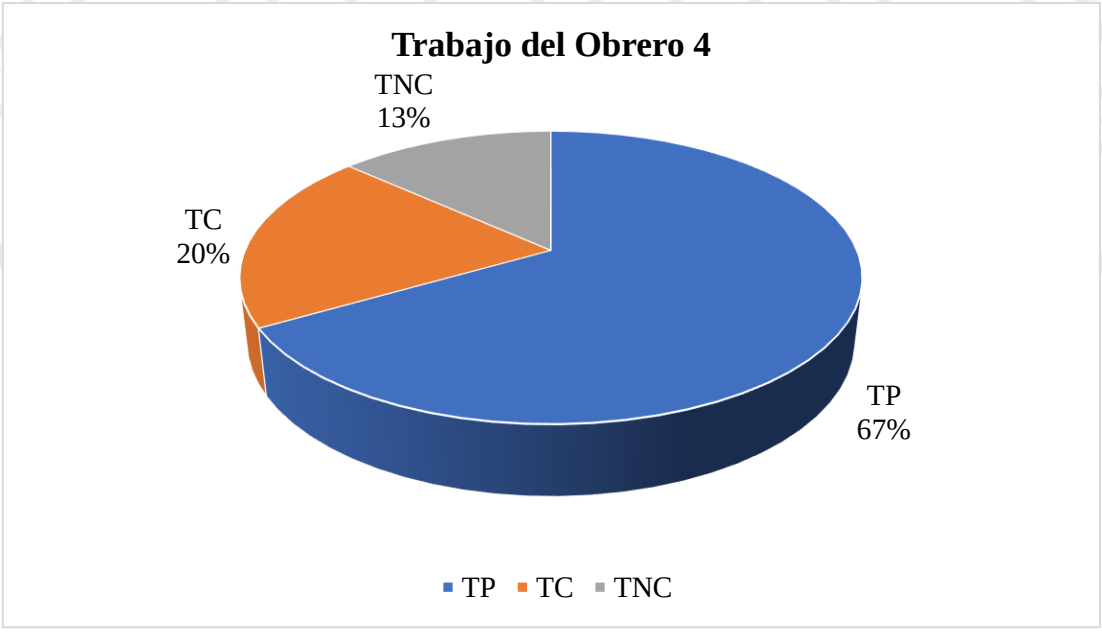
El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer oficial, tuvo un trabajo productivo del 7%, un trabajo contributivo del 13%, y un trabajo no contributivo del 10% durante la ejecución de la actividad.

Figura 87
Trabajo del obrero 3.



El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo oficial, tuvo un trabajo productivo del 73%, un trabajo contributivo del 14%, y un trabajo no contributivo del 13% durante la ejecución de la actividad.

Figura 88
Trabajo del obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el peón, tuvo un trabajo productivo del 67%, un trabajo contributivo del 20%, y un trabajo no contributivo del 13% durante la ejecución de la actividad.

G. Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas:

Perteneciente al acero corrugado en vigas, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo Productivo:

- Corte de acero
- Doblado de Estribos y ganchos
- Colocación de acero
- Amarre de estribos

b. Trabajo Contributivo:

- Traslado de materiales y herramientas
- Verificación de espaciamientos.
- Preparación de Área de Trabajo.
- Limpieza del acero
- Marcado de referencia

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por materiales
- Espera a indicaciones
- Descansos
- Retrabajo por mala lectura de planos
- Interferencia con otras actividades

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario, 02 oficiales y 02 peones.

Figura 89

Carta Balance de la partida de acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas.

CARTA BALANCE PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN VIGAS	PPP-007 SUBTITULO: VIGAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	**CODICO UNICO DE INVERSION:** 252506

PARTIDA: **ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN VIGAS**

	CUADRILLA				
Tiempo (min)	1	2	3	4	5
1	13	11	11	11	11
2	13	11	11	11	11
3	15	13	13	11	11
4	15	1	1	11	11
5	15	1	1	25	25
6	15	1	1	25	25
7	15	1	24	11	11
8	15	2	1	11	11
9	15	2	1	14	14
10	15	2	1	14	14
11	15	23	1	14	14
12	15	2	1	14	14
13	15	2	1	14	14
14	22	2	1	22	22
15	3	3	1	4	4
16	3	3	1	4	4
17	2	2	1	4	4
18	2	2	1	23	21
19	2	2	1	4	4
20	2	21	1	4	4
21	2	2	1	4	4
22	2	2	1	4	4
23	12	2	1	4	23
24	12	2	1	14	14
25	23	2	1	14	14
26	1	2	1	21	4
27	1	2	1	4	4
28	3	3	1	4	4
29	3	3	1	4	4
30	3	3	1	4	4
RESULTADOS:					
TP	13	25	26	12	12
TC	15	3	3	13	13
TNC	2	2	1	5	5

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

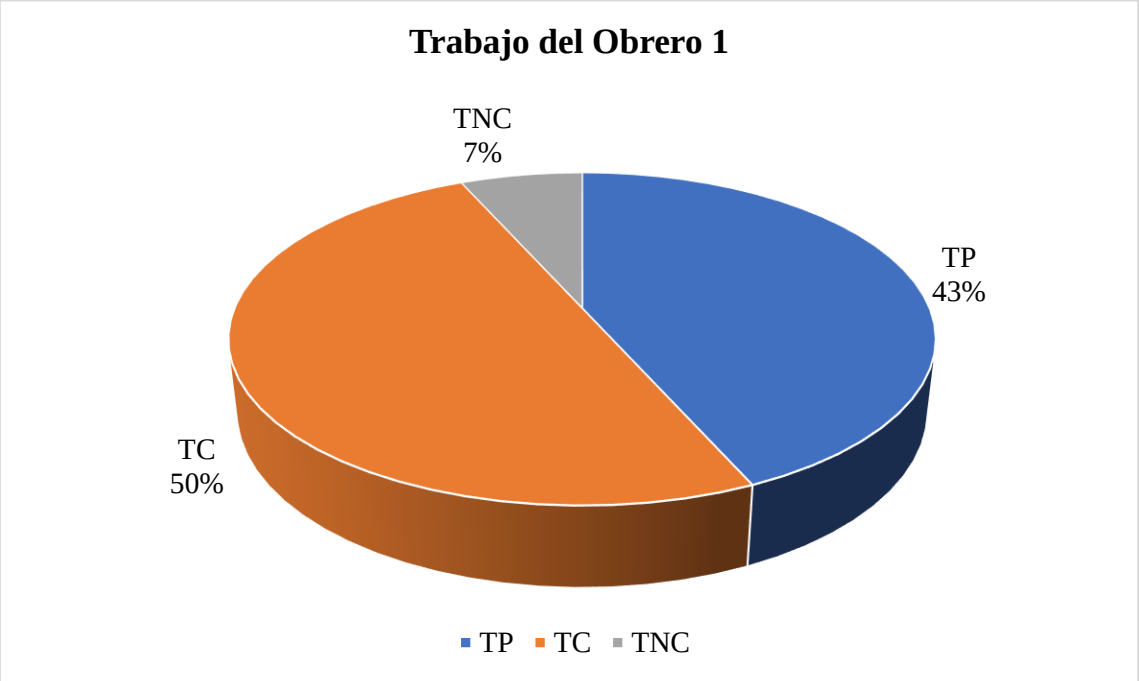
TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Corte de acero
2	Doblado de Estribos y ganchos
3	Colocación de acero
4	Amarre de estribos
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Traslado de materiales y herramientas
12	Verificacion de espaciamente
13	Preparacion de Area de Trabajo
14	Limpieza del acero
15	Marcado de referencia
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por materiales
22	Espera a indicaciones
23	Descansos
24	Retrabajo por mala lectura de planos
25	Interferencia con otras actividades
26	
27	
28	
29	
30	

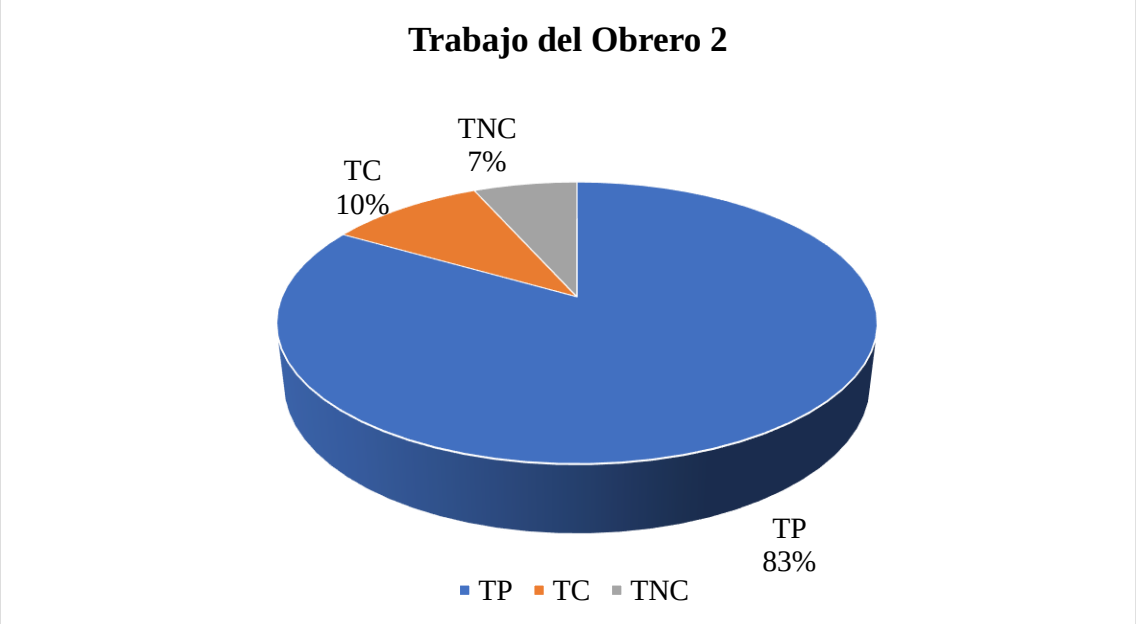
Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 90
Trabajo del Obrero 1.



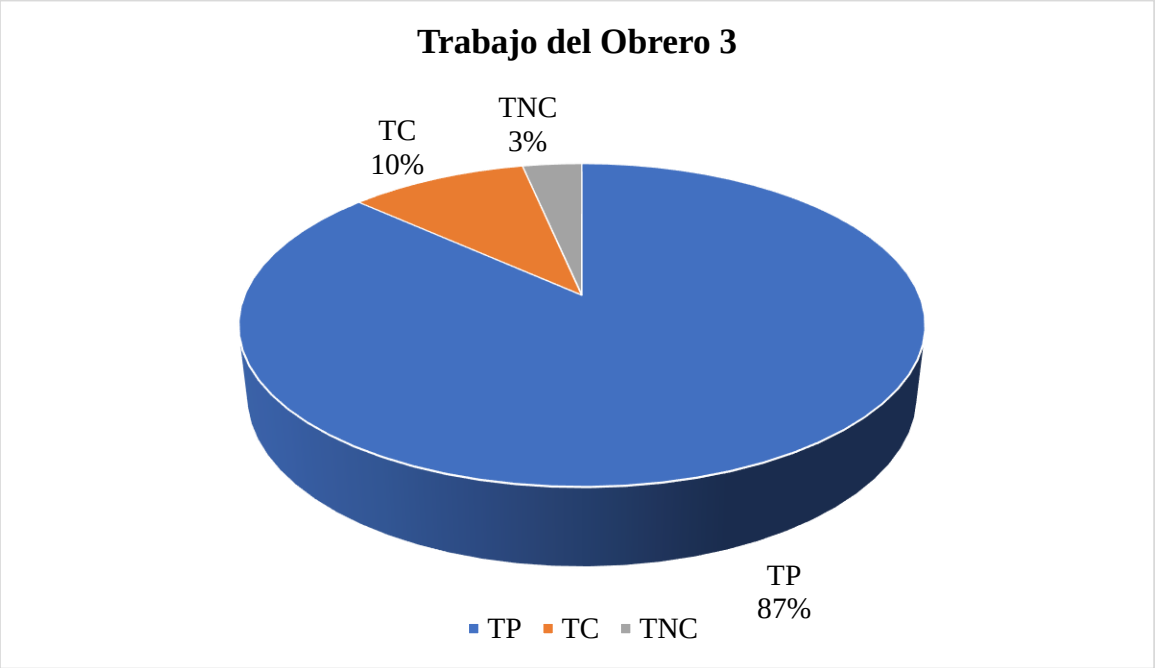
El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tuvo un trabajo productivo del 43%, un trabajo contributivo del 50%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 91
Trabajo del Obrero 2.



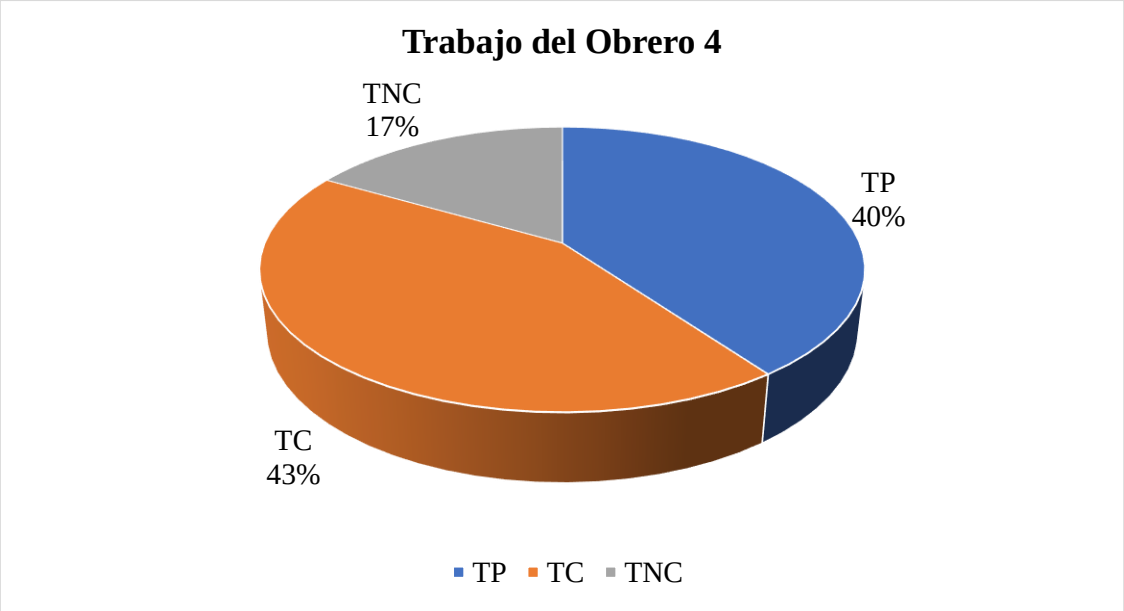
El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer oficial, tuvo un trabajo productivo del 83%, un trabajo contributivo del 10%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 92
Trabajo del Obrero 3.



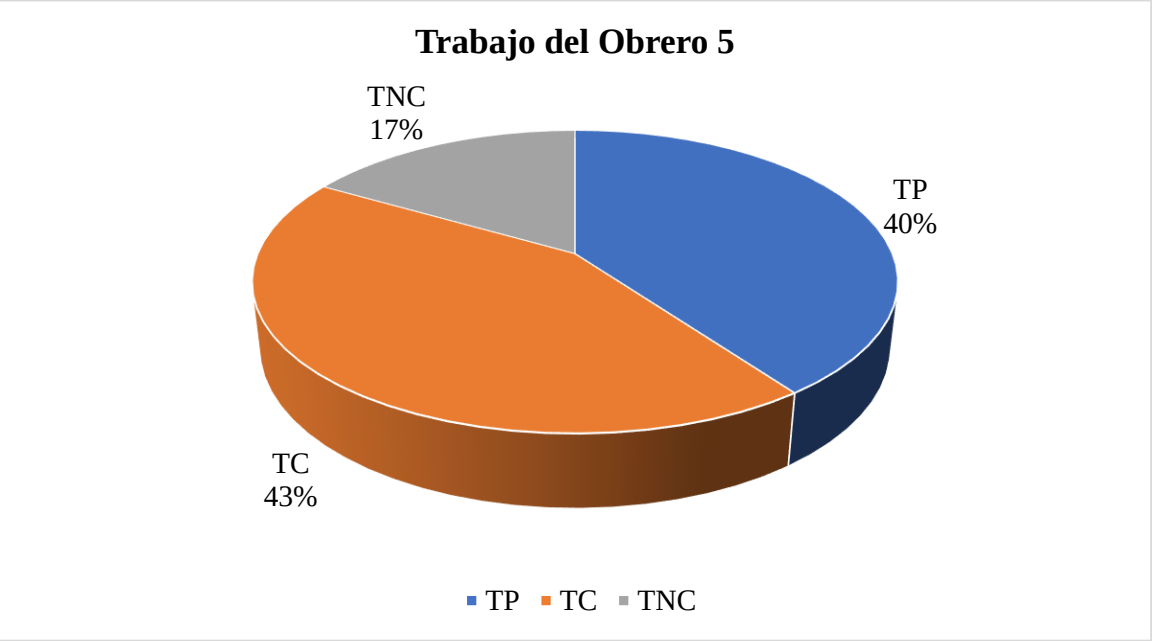
El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo oficial, tuvo un trabajo productivo del 87%, un trabajo contributivo del 10%, y un trabajo no contributivo del 3% durante la ejecución de la actividad.

Figura 93
Trabajo del Obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer peón, tuvo un trabajo productivo del 40%, un trabajo contributivo del 43%, y un trabajo no contributivo del 17% durante la ejecución de la actividad.

Figura 94
Trabajo del Obrero 5.



El quinto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo peón, tuvo un trabajo productivo del 40%, un trabajo contributivo del 43%, y un trabajo no contributivo del 17% durante la ejecución de la actividad.

H. Encofrado y desencofrado normal en vigas:

Perteneciente al encofrado y desencofrado en vigas, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo Productivo:

- Armado de encofrado.
- Alineamiento, nivelación y plomado.
- Colocación de puntales.
- Corte de paneles y/o fenólico.
- Verificación de recubrimientos.
- Colocación de listones.

b. Trabajo contributivo:

- Armado de andamios.
- Limpieza y preparación del área de trabajo.
- Traslados de Materiales y Herramientas.
- Verificación de planos, niveles del eje de viga.
- Aplicación de Desmoldante .

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por falta de materiales.
- Retrabajo por mal armado.
- Descansos.

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 02 operarios y 02 peones.

Figura 95

Carta Balance de la partida de encofrado y desencofrado normal en vigas.

CARTA BALANCE
PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE VIGAS

	PPP-008
	SUBTITULO: VIGAS
	TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	CODICO UNICO DE INVERSION: 252506

PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE VIGAS

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1	14	14	13	13
2	14	14	13	13
3	4	4	13	13
4	4	4	13	13
5	4	4	13	13
6	4	4	12	12
7	4	4	12	12
8	4	4	11	11
9	6	6	22	22
10	6	6	11	11
11	6	6	13	13
12	6	6	23	23
13	3	3	3	3
14	3	3	3	3
15	3	3	3	3
16	1	1	15	15
17	1	1	15	15
18	2	2	13	13
19	21	21	13	13
20	5	5	4	4
21	1	1	4	4
22	1	1	4	4
23	1	1	4	4
24	1	1	4	4
25	1	1	4	4
26	1	1	4	4
27	23	23	4	4
28	1	1	4	4
29	1	1	4	4
30	1	1	4	4
RESULTADOS:				
TP	26	26	14	14
TC	2	2	14	14
TNC	2	2	2	2

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OPERARIO 2	OPERARIO
OFICIAL 1	PEON
OFICIAL 2	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Armado de encofrado
2	Alineamiento, nivelacion y plomado
3	Colocacion de puntales
4	Corte de paneles y/o fenolico
5	Verificacon de recubrimientos
6	Colocacion de listones
7	
8	
9	
10	

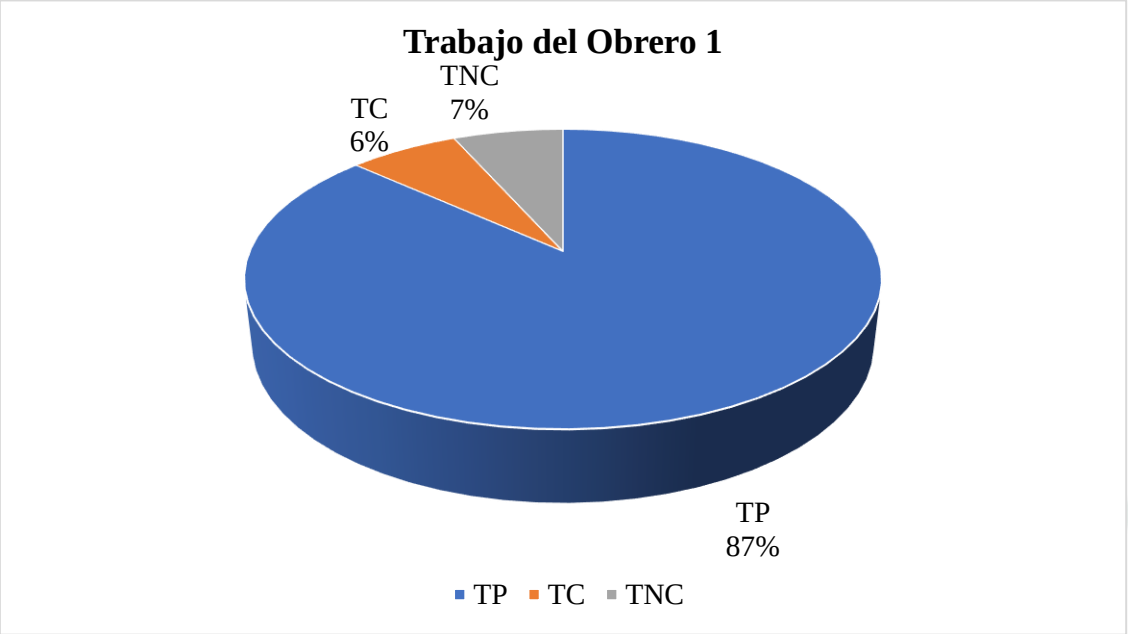
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Armado de andamios
12	Limpieza y preparacion del area de trabajo
13	Traslados de Materiales y Herramientas
14	Verificacion de planos, niveles del eje de viga
15	Aplicación de Desmoldante
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por falta de materiales
22	Retrabajo por mal armado
23	Descansos
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 96

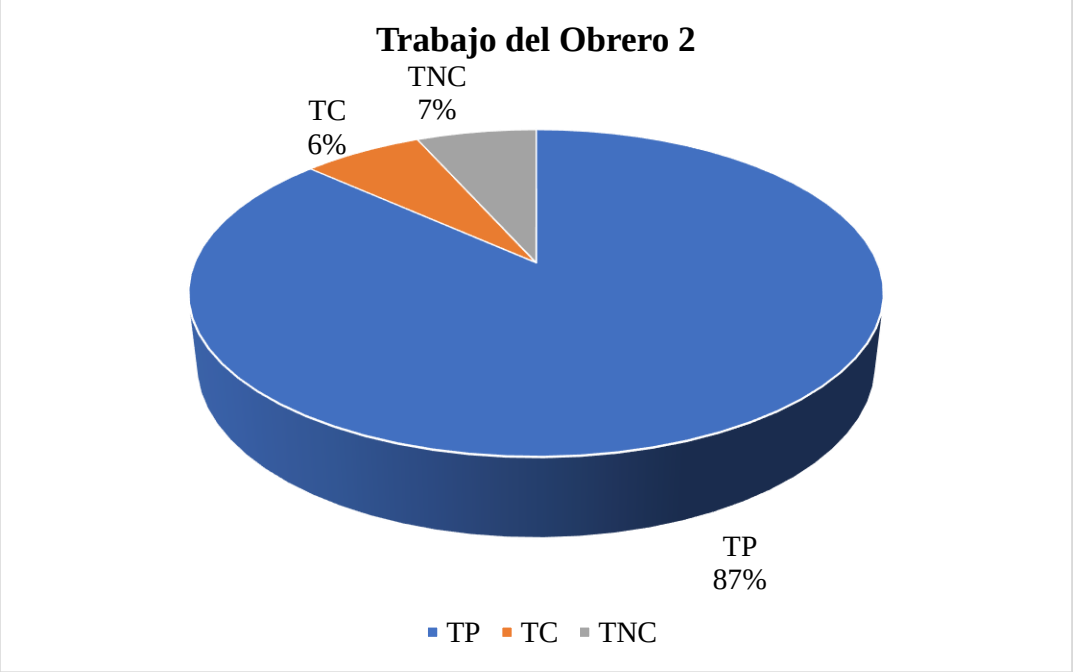
Trabajo del obrero 1.



El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer operario, tuvo un trabajo productivo del 87%, un trabajo contributivo del 6%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 97

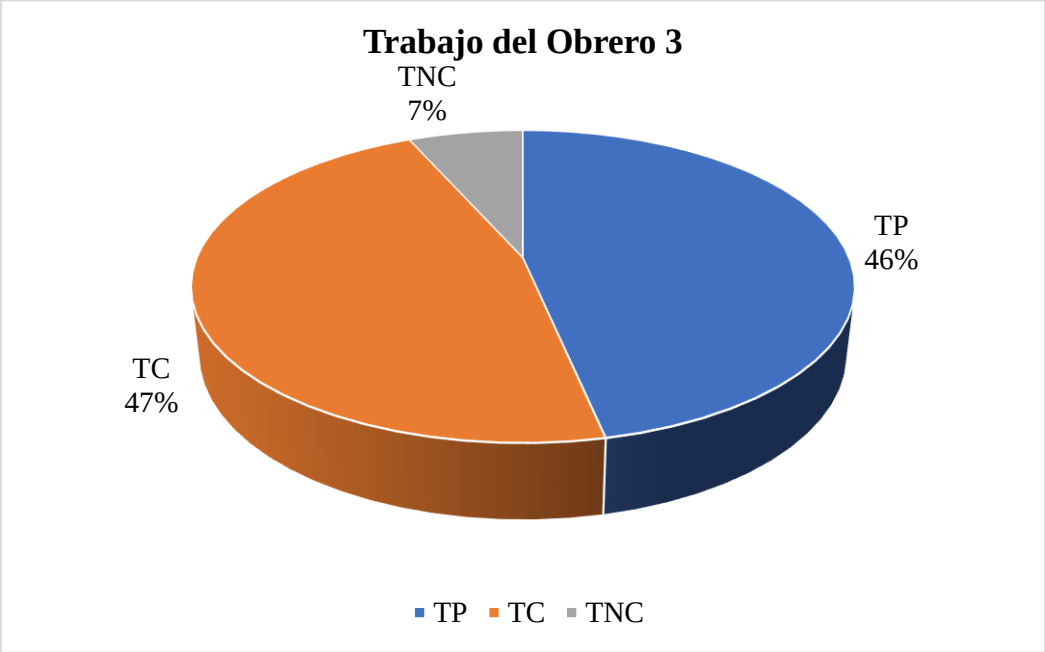
Trabajo del obrero 2.



El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo operario, tuvo un trabajo productivo del 87%, un trabajo contributivo del 6%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 98

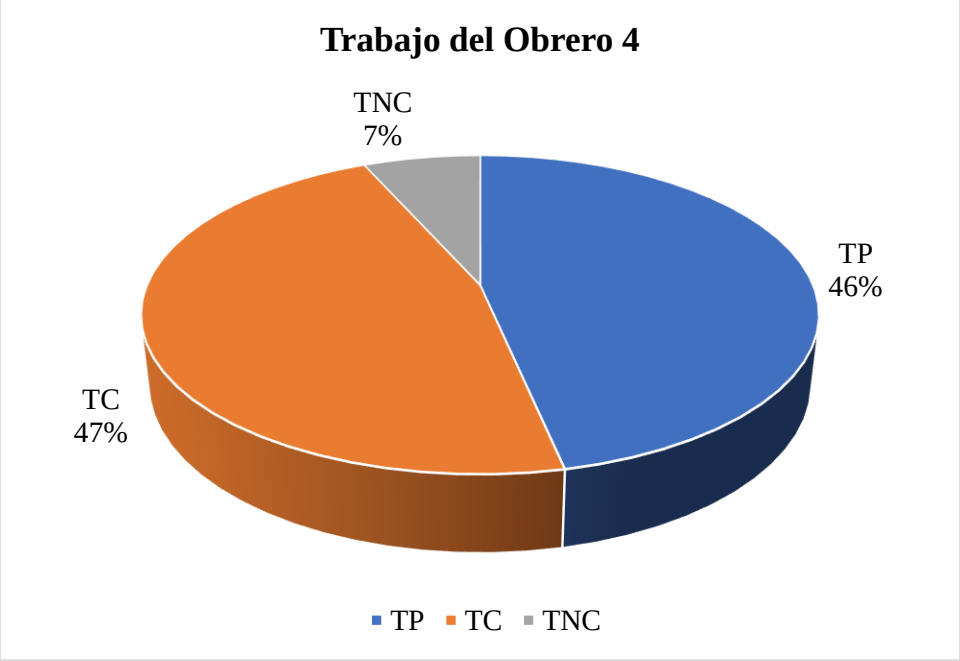
Trabajo del obrero 3.



El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer peón, tuvo un trabajo productivo del 46%, un trabajo contributivo del 47%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 99

Trabajo del obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo peón, tuvo un trabajo productivo del 46%, un trabajo contributivo del 47%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

I. Concreto en vigas f'c=kg/cm2 Mixer:

Perteneciente al concreto en vigas mediante mixer, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo Productivo:

- Vaciado de concreto
- Vibrado de concreto
- Nivelación y acabado superior
- Vibrado Manual

b. Trabajo contributivo:

- Preparación y limpieza del área de trabajo
- Revisión de encofrado previo al vaciado
- Traslado de Equipos y Herramientas
- Comunicación operario Mixer - operario

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por demora de mixer
- Ubicación de mixer
- Paradas por mala coordinación
- Desplazamientos innecesarios
- Espera a indicaciones

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 01 operario, 02 oficiales y 01 peón.

Figura 100

Carta de balance de la partida de concreto en vigas f'c=210 kg/cm2 mixer.

CARTA BALANCE PARTIDA: CONCRETO VIGAS f'c=210 kg/cm2 mixer	PPP-009 SUBTITULO: VIGAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	**CODICO UNICO DE INVERSION:** 252506

PARTIDA: **CONCRETO VIGAS f'c=210 kg/cm2**

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1	11	13	13	11
2	12	13	13	12
3	14	12	13	12
4	12	12	12	12
5	24	1	2	4
6	4	1	2	4
7	4	1	2	24
8	4	1	2	4
9	4	1	2	4
10	3	1	2	4
11	4	1	2	25
12	14	1	2	4
13	3	25	25	4
14	3	1	2	4
15	3	1	2	4
16	23	1	2	22
17	12	1	24	12
18	12	1	2	4
19	4	1	2	4
20	3	1	2	4
21	4	1	2	4
22	3	1	2	4
23	4	1	2	4
24	3	1	2	4
25	3	1	2	4
26	14	22	22	22
27	12	1	2	12
28	12	1	2	4
29	4	1	2	4
30	4	1	2	4
RESULTADOS:				
TP	18	24	23	20
TC	10	4	4	6
TNC	2	2	3	4

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Vaciado de concreto
2	Vibrado de concreto
3	Nivelación y acabado superior
4	Vibrado Manual
5	
6	
7	
8	
9	
10	

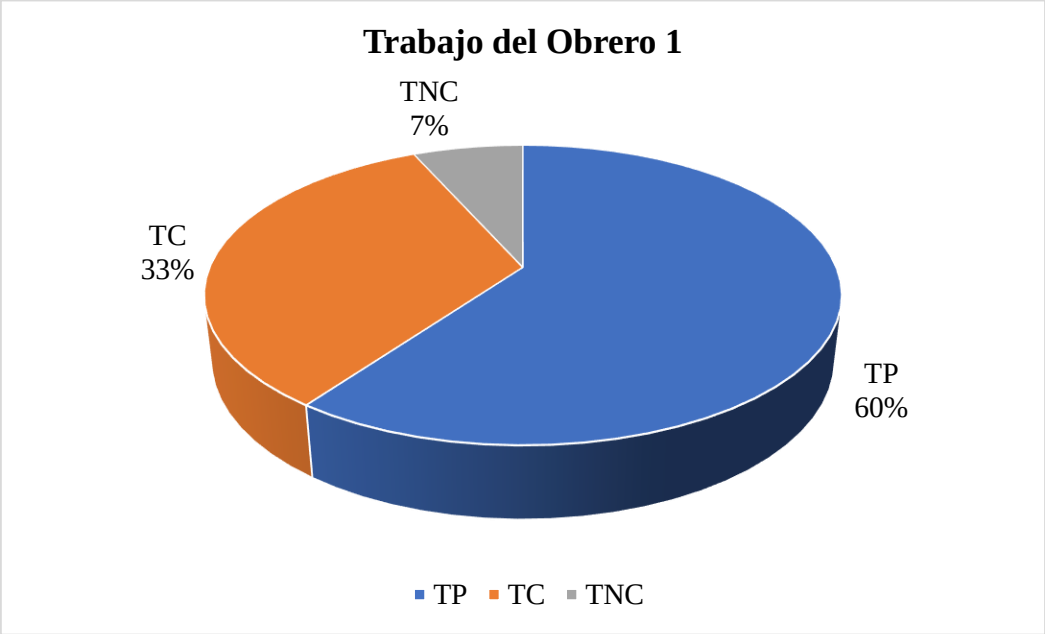
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Preparación y limpieza del area de trabajo
12	Revision de encofrado previo al vaciado
13	Traslado de Equipos y Herramientas
14	Comunicación operario Mixer - operario
15	
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por demora de mixer
22	Ubicación de mixer
23	Paradas por mala coordinacion
24	Desplazamiento innecesarios
25	Espera a indicaciones
26	
27	
28	
29	
30	

Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 101

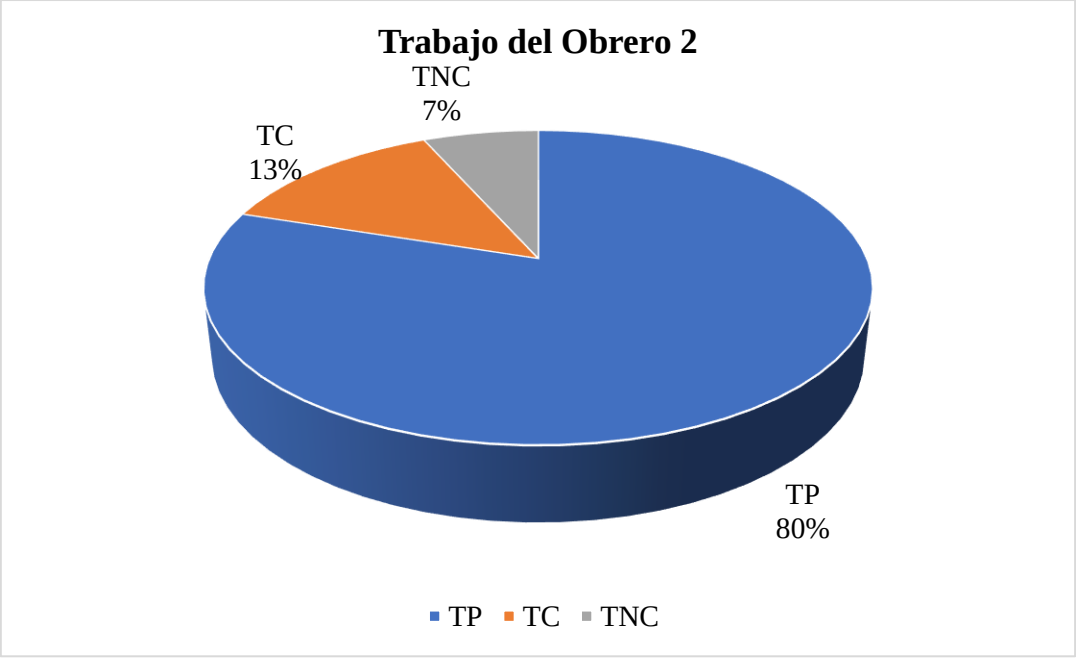
Trabajo del obrero 1.



El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el operario, tuvo un trabajo productivo del 60%, un trabajo contributivo del 33%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

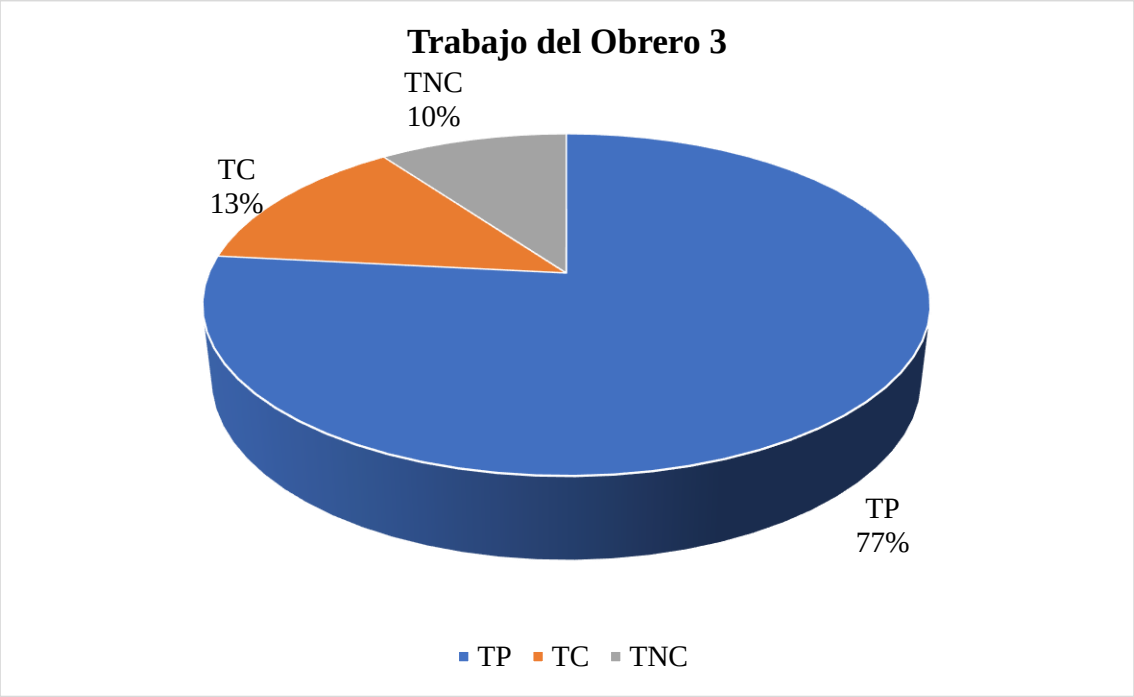
Figura 102

Trabajo del obrero 2.



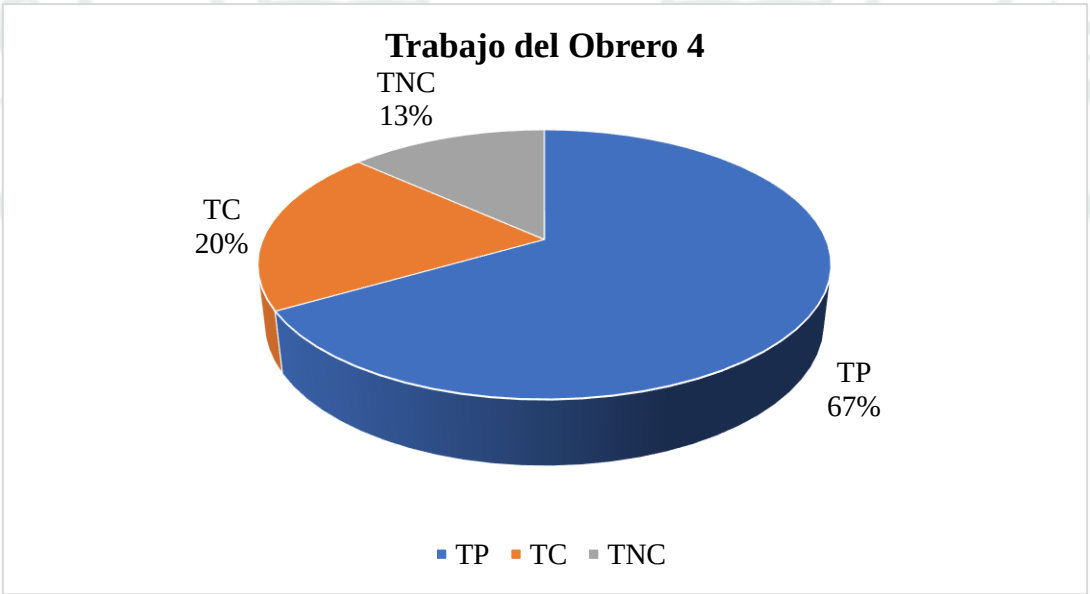
El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer oficial, tuvo un trabajo productivo del 80%, un trabajo contributivo del 13%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 103
Trabajo del obrero 3.



El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo oficial, tuvo un trabajo productivo del 77%, un trabajo contributivo del 13%, y un trabajo no contributivo del 10% durante la ejecución de la actividad.

Figura 104
Trabajo del obrero 4.



El cuarto obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por un peón, tuvo un trabajo productivo del 67%, un trabajo contributivo del 20%, y un trabajo no contributivo del 13% durante la ejecución de la actividad.

J. Muro de ladrillo K.K de soga con mezcla de 1:5:

Perteneciente a la construcción de los muros de ladrillo en soga con mezcla 1:5, esta actividad estuvo compuesta por las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC), y trabajo no contributivo (TNC); siendo las subcategorías de estas, las siguientes:

a. Trabajo Productivo:

- Colocación de ladrillo
- Aplicación de mortero entre ladrillos
- Alineamiento, nivelación y plomado

b. Trabajo Contributivo:

- Transporte de ladrillo
- Preparación de la mezcla
- Humedecimiento de ladrillos
- Limpieza del área de trabajo
- Revisión de planos y niveles de referencia

c. Trabajo no contributivo:

- Espera por materiales
- Descansos
- Retrabajos

El equipo de trabajo a cargo de esta actividad está compuesto por los siguientes integrantes: 02 operarios y 01 peón.

Figura 105

Carta Balance de la partida de muro de ladrillo K.K en soga con mezcla del 1:5.

CARTA BALANCE PARTIDA: MURO DE LADRILLO K.K. DE SOGA CON MEZCLA 1:5	PPP-010 SUBTITULO: MURO Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA TITULO: ARQUITECTURA - ARQUITECTURA
NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIA DE LA I.E LAS FLORES, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	**CODICO UNICO DE INVERSION:** 252506

PARTIDA: **MURO DE LADRILLO K.K. DE SOGA CON MEZCLA 1:5**

	CUADRILLA		
Tiempo (min)	1	2	3
1	11	11	11
2	11	11	11
3	14	11	11
4	15	15	11
5	13	12	11
6	13	12	11
7	3	12	11
8	3	12	22
9	3	12	11
10	2	12	11
11	1	12	11
12	2	12	11
13	1	14	11
14	2	15	11
15	1	21	11
16	2	3	22
17	22	3	11
18	3	2	12
19	3	1	12
20	2	2	12
21	1	1	12
22	2	2	12
23	1	22	12
24	2	3	12
25	22	3	23
26	3	2	23
27	3	1	12
28	2	2	12
29	1	1	12
30	2	2	12
RESULTADOS:			
TP	22	14	0
TC	6	14	26
TNC	2	2	4

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OPERARIO 2	OPERARIO
PEON 1	PEON

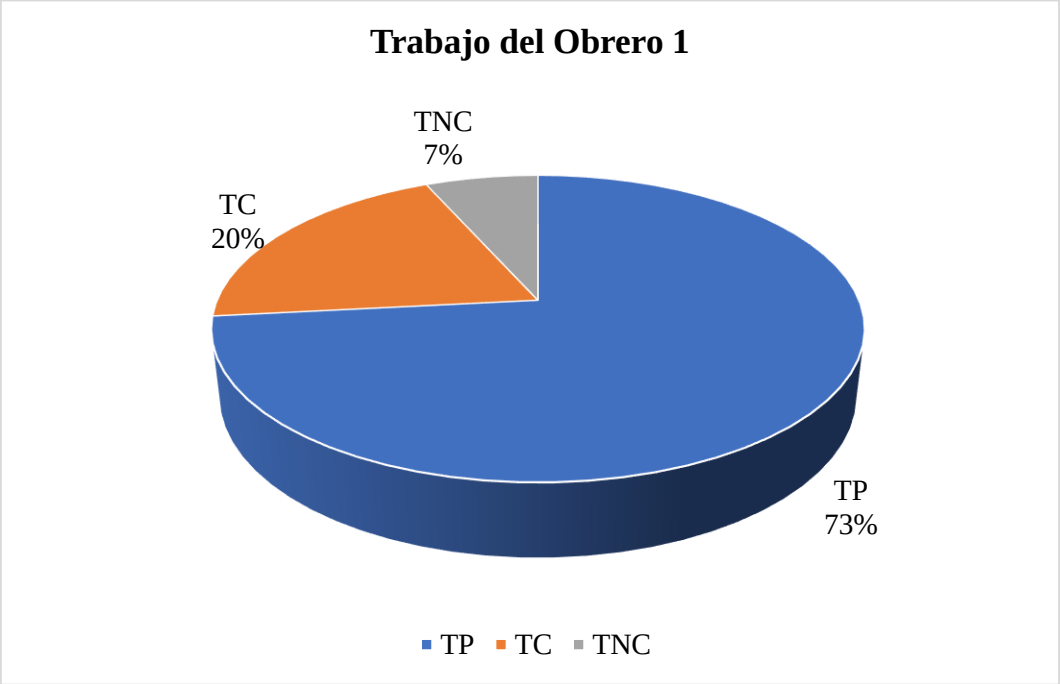
TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Colocación de ladrillo
2	Aplicación de mortero entre ladrillos
3	Alineamiento, nivelacion y plomado
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Transporte de ladrillo
12	Preparacion de la mezcla
13	Humedecimiento de ladrillos
14	Limpieza del area de trabajo
15	Revision de planos y niveles de referencia
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por materiales
22	Descansos
23	Retrabajos
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

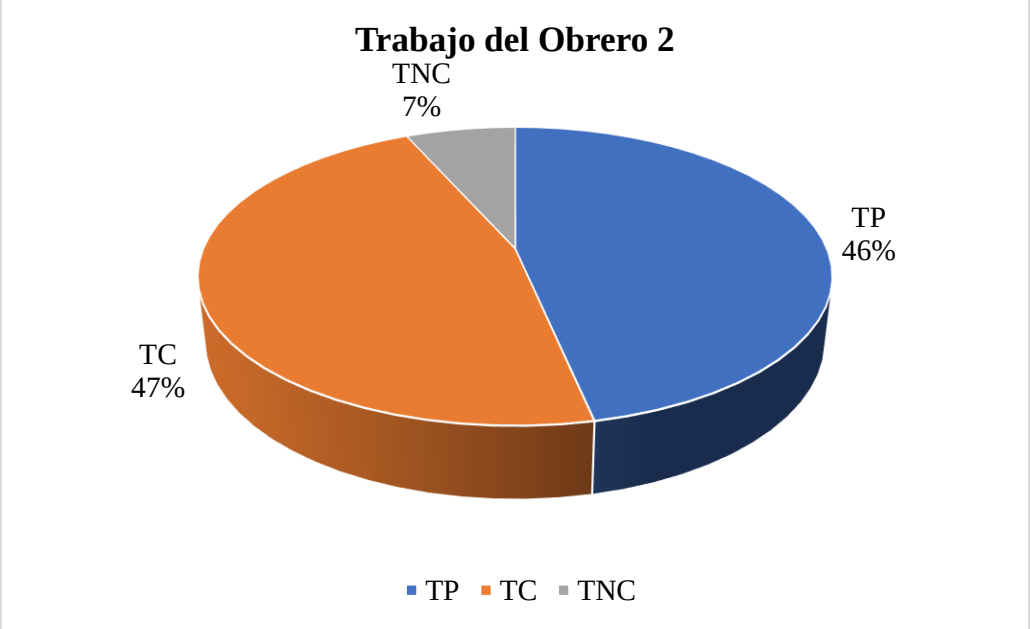
Dónde se puede ver el resultado porcentual de los trabajos de cada uno de los obreros que integran la cuadrilla para la elaboración de la partida.

Figura 106
Trabajo del obrero 1.



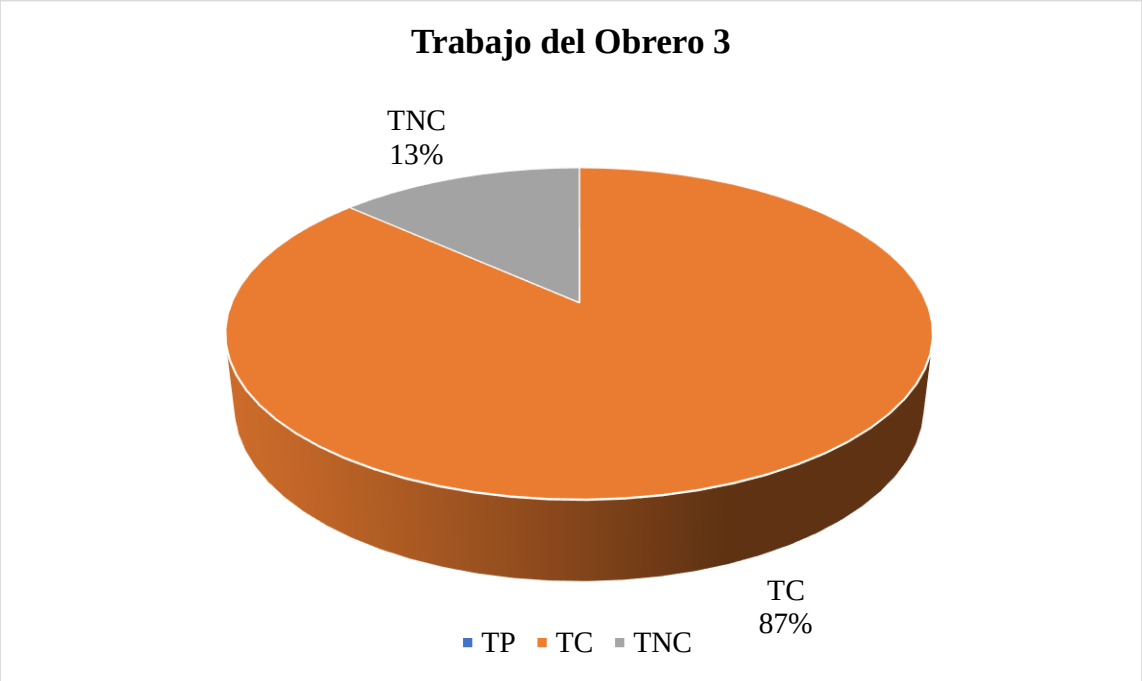
El primer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el primer operario, tuvo un trabajo productivo del 73%, un trabajo contributivo del 20%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 107
Trabajo del obrero 2.



El segundo obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por el segundo operario, tuvo un trabajo productivo del 46%, un trabajo contributivo del 47%, y un trabajo no contributivo del 7% durante la ejecución de la actividad.

Figura 108
Trabajo del obrero 3.



El tercer obrero que compone la cuadrilla, en este caso representado por un peón, tuvo un trabajo contributivo del 87%, y un trabajo no contributivo del 13% durante la ejecución de la actividad.

Habiendo hecho uso de la herramienta Carta Balance para solo uno de los proyectos, puesto que se contaba con el hecho de que el proyecto "Ampliación del servicio educativo de nivel primaria de la I.E Las Flores, en el distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa" estuvo en etapa de ejecución; la aplicación de la herramienta fue indispensable dado que esta misma debe ser integrada de forma sincrónica.

4.4.2 Integración de Takt–time con Carta Balance:

En este apartado, se consideraron los 03 proyectos elegidos que tuvieron como finalidad la construcción de infraestructuras educativas.

- Mejoramiento de la infraestructura de la secundaria Santa Rita de Siguas Distrito Santa Rita de Siguas II Etapa
- Mejoramiento del servicio de educación inicial en la I.E Villa Continental Distrito de Cayma Provincia de Arequipa Departamento de Arequipa
- Ampliación del servicio educativo de nivel primaria de la I.E Las Flores, en el distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa

Siendo que la aplicación de Takt-Time puede ser efectuada de forma asíncrona como síncrona, la viabilidad de su uso recae sobre los tres proyectos mencionados.

A. Proyecto: Mejoramiento de la infraestructura de la secundaria Santa Rita de Siguas Distrito Santa Rita de Siguas II Etapa:

En este primer proyecto se consideraron 10 actividades, centradas principalmente en aquellas que completan la etapa de casco estructural, o comúnmente denominado como casco gris, como lo son:

Tabla 40

Partidas analizadas en el proyecto.

Partida N°	Actividad	Unidad	Metrado
1	Excavación de zanjas para cimientos corridos.	M3	1536.16
2	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.	Kg	5,949.86
3	Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas.	M3	227.62
4	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en columnas.	Kg	26,433.88
5	Encofrado y desencofrado en columnas.	M2	1,762.17
6	Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas.	M3	182.03
7	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en vigas.	Kg	22,515.62
8	Encofrado y desencofrado normal en vigas.	M2	1,059.90
9	Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.	M3	183.57
10	Muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga M: 1:1:4, E=1.5 cm.	M2	1027.88

Bajo la terminología y conceptos de Takt-time previamente expuestos, se procede a analizar cada una de las partidas, considerando que esta fue analizada de forma asíncrona, puesto que fue un proyecto relevante de elección debido a la temática que

comparte con el tema de la tesis: Infraestructura educativa; pero que en el momento de la realización del presente trabajo, ya se encontraba culminada, siendo que en su historial no se encuentra exenta de irregularidades e inconvenientes para el cumplimiento de las misma.

a. Excavación de zanjas c/n equipo para cimientos.

En la partida de excavaciones destinadas a las zanjas se contó con un metrado de 1536.16 m3, siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 450.00 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 41

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de excavación de zanjas para cimientos.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	1536.16	m³
Rendimiento CAPECO	450.00	m³/día
Rendimiento del ACU del proyecto	300.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	375.00	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	0.97	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**1.16**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(450\frac{m^3}{día} + 300\frac{m^3}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 375 \frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480 \frac{min}{día} - 45 \frac{min}{día}$$

$$b = 435 \frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435 \frac{min}{día}}{450 \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 0.97 \frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido dio a entender que en 0.97 minutos se debería estar cumpliendo con la ejecución de un metro cúbico por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435 \frac{min}{día}}{375 \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.16 \frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la producción diaria requerida y el tiempo neto disponible por día, el valor

es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.16 minutos para obtener un metro cúbico.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.16\frac{min}{m^3} - 0.97\frac{min}{m^3}}{1.16\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 16.38\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es regular, alcanzando un valor del 16.38%, lo cual indica que el rendimiento real de la partida de excavación de zanjas presenta una aproximación aceptable respecto a los valores teóricos de referencia. Este comportamiento sugiere que, en términos generales, la planificación inicial basada en rendimientos estándar resulta un valor alto en comparación con las condiciones reales de ejecución del proyecto.

No obstante, el incremento del tiempo Takt calculado respecto al ideal refleja la influencia de factores operativos considerados en el ajuste, tales como tiempo neto por día y la producción diaria requerida. En este sentido, el valor obtenido evidencia que la productividad real se encuentra condicionada por aspectos como la organización de la mano de obra, la eficiencia en el uso de maquinaria, el tipo de suelo y las posibles interrupciones durante la jornada laboral.

Desde una perspectiva de gestión de la productividad, este resultado implica que, si bien la actividad logra mantener un desempeño cercano al esperado, existen oportunidades de mejora orientadas a la evaluación de los tiempos no contributivos y de pérdidas operativas, lo cual permitiría alcanzar condiciones más cercanas al escenario ideal. Asimismo, al tratarse de una actividad inicial dentro del proceso constructivo, cualquier desviación, por mínima que sea, puede generar efectos acumulativos en las etapas posteriores, afectando el flujo de trabajo y el cumplimiento del cronograma general del proyecto.

b. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.

En la partida de aceros de refuerzo en zapatas se contó con un metrado de 5949.86 m3, siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 250 kg/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 42

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de acero de refuerzo en zapatas.

Concepto	**Valor**	**Unidad**
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	5949.86	Kg
Rendimiento CAPECO	250	Kg/día
Rendimiento del ACU del proyecto	225	Kg/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados, etc.)	45	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	237.50	Kg/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	1.74	min/Kg
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	1.83	min/Kg

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(250\frac{Kg}{día} + 225\frac{Kg}{días}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 237.50\frac{Kg}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435\frac{min}{día}}{250\frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 1.74\frac{min}{Kg}$$

El resultado obtenido da a entender que en 1.74 minutos se debería estar cumpliendo con la implementación de un kilogramo de acero por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435\frac{min}{día}}{237.5\frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.83\frac{min}{Kg}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.83 minutos para obtener un kilogramo.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.83\frac{min}{Kg} - 1.74\frac{min}{Kg}}{1.83\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 4.92\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 4.92%, lo cual evidencia un comportamiento bastante cercano entre el rendimiento teórico y el rendimiento ajustado de la partida de acero de refuerzo en zapatas. Este bajo nivel de variación indica que la actividad presenta una ejecución relativamente estable y predecible en comparación con otras partidas del proceso constructivo.

No obstante, la ligera evaluación del Takt-Time calculado respecto al ideal pone en evidencia la influencia de factores operativos considerados en el ajuste, tales como la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y las pérdidas inherentes al proceso. En el caso específico del acero de refuerzo, estas variaciones pueden estar asociadas a la logística de suministro, la organización del habilitado y colocado del acero, así como a la coordinación entre actividades previas y posteriores dentro de la secuencia constructiva, como la lectura correcta de planos.

Desde el enfoque de productividad, este resultado sugiere que la partida presenta un nivel de eficiencia aceptable; sin embargo, aún existen oportunidades para evaluar la gestión de tiempos no contributivos, especialmente aquellos relacionados con esperas, traslados y preparación de materiales. Asimismo, al tratarse de una actividad crítica dentro de la etapa de cimentación, cualquier desviación en su rendimiento puede impactar directamente en la continuidad de las actividades estructurales siguientes.

En consecuencia, el análisis evidencia que, si bien la partida mantiene un comportamiento cercano al esperado, la implementación de estrategias de mejora en la organización del trabajo y en la gestión de recursos permitiría alcanzar un desempeño más eficiente y alineado con condiciones óptimas de ejecución.

c. Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas.

En la partida de concreto en zapatas se contó con un metrado de 227.62 m3, siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 25 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 43

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en zapatas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	227.62	m³
Rendimiento CAPECO	25.00	m³/día
Rendimiento del ACU del proyecto	12.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	18.50	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	17.40	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**23.51**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(25\frac{m^3}{día} + 12\frac{m^3}{días}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 18.5\frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{25\frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 17.40\frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido da a entender que en 17.40 minutos se debería estar cumpliendo con la implementación de un metro cúbico de concreto por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{18.50\frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 23.51\frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 23.51 minutos para el vaciado de un metro cúbico de concreto.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{23.51\frac{min}{m^3} - 17.40\frac{min}{m^3}}{23.51\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 26.00\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 26%, lo cual evidencia una alta correspondencia entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de concreto en zapatas. Este alto nivel de variación indica que la actividad presenta un proceso relativamente variado entre CAPECO y el del proyecto en la provincia de Arequipa, con una ejecución que se aproxima a las condiciones planificadas.

Este comportamiento puede atribuirse a la naturaleza del proceso de vaciado de concreto, el cual, al depender en gran medida del suministro continuo de concreto premezclado y de la correcta coordinación de equipos y personal, tiende a presentar variaciones cuando existe una mala planificación logística. En ese sentido, factores como la programación de vaciados, la disponibilidad de equipos de transporte y colocación, así como la continuidad de la operación, juegan un rol determinante en la estabilidad del rendimiento observado.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido sugiere que la partida alcanza un nivel de eficiencia cercano al óptimo; sin embargo, no se encuentra exenta de posibles pérdidas asociadas a tiempos de espera, coordinación entre actividades previas (encofrado y acero) y eventuales interrupciones durante el proceso de vaciado. Estas condiciones, aunque no generan desviaciones significativas en el Takt-Time, pueden acumularse y afectar el desempeño global si no son gestionadas adecuadamente.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de concreto en zapatas presenta un comportamiento eficiente y predecible, siendo fundamental mantener un adecuado control logístico y operativo para sostener este nivel de desempeño y evitar desviaciones que puedan afectar la continuidad de las actividades estructurales posteriores.

d. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en columnas.

En la partida de aceros de refuerzo en columnas se contó con un metrado de 26,433.88 Kg, siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 250 kg/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 44

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de acero de refuerzo en columnas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	26433.88	Kg
Rendimiento CAPECO	250.00	Kg/día
Rendimiento del ACU del proyecto	225.00	Kg/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	249.69	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min/día
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	1.74	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**1.83**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, c, d, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(250\frac{Kg}{día} + 225\frac{Kg}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 237.50\frac{Kg}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435\frac{min}{día}}{250\frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 1.74\frac{min}{Kg}$$

El resultado obtenido da a entender que en 1.74 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación de un kilogramo de acero por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435\frac{min}{día}}{237.5\frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.83\frac{min}{Kg}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.83 minutos para la implementación de un kilogramo de acero.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.83\frac{min}{Kg} - 1.74\frac{min}{Kg}}{1.83\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 4.92\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 4.92%, lo cual indica una correspondencia cercana entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de acero de refuerzo en columnas. Este nivel de variación sugiere que la actividad mantiene un desempeño relativamente estable; sin embargo, presenta una ligera mayor dispersión en comparación con la misma partida en zapatas.

Esta diferencia puede explicarse por la mayor complejidad operativa que implica la habilitación y colocación del acero en elementos verticales, donde intervienen factores como la altura de trabajo, la necesidad de mayor precisión en el armado, la interferencia con elementos de encofrado y la coordinación con otras actividades estructurales. Estas condiciones generan un incremento en los tiempos contributivos y, en algunos casos, en tiempos no contributivos asociados a ajustes, alineamientos y verificación de la correcta disposición del refuerzo.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido indica que, si bien la partida presenta un comportamiento cercano al esperado, su eficiencia se encuentra más condicionada por aspectos operativos en comparación con otras partidas similares. Esto implica que pequeñas ineficiencias pueden tener un impacto más significativo en el rendimiento global, especialmente considerando la alta repetitividad de la actividad a lo largo del proyecto.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de acero en columnas presenta la necesidad de un mayor control en la organización del trabajo y en la coordinación entre cuadrillas, debido a la presencia de tiempos improductivos identificados. Asimismo, se observa una diferencia entre el rendimiento ideal y el rendimiento obtenido, lo cual refleja oportunidades de ajuste en la planificación y ejecución de la partida.

e. Encofrado y desencofrado en columnas.

En la partida de encofrado y desencofrado en columnas se contó con un metrado de 1,762.17 m2, siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 40 m2/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 45

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrado y desencofrado en columnas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	1762.17	m2
Rendimiento CAPECO	40.00	m2/día
Rendimiento del ACU del proyecto	10.00	m2/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	25.00	m2/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	10.88	min/m2
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**17.40**	min/m2

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(40\frac{m^2}{día} + 10\frac{m^2}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 25.00\ \frac{m^2}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435\frac{min}{día}}{40\frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 10.88\frac{min}{m^2}$$

El resultado obtenido da a entender que en 10.88 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación de un metro cuadrado de encofrado en las columnas por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{25.00\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 17.40\frac{min}{m^2}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 17.40 minutos para la implementación de un metro de cuadro en lo que respecta al encofrado en columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{17.40\frac{min}{m^2} - 10.88\frac{min}{m^2}}{17.40\frac{min}{m^2}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 37.47\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 37.47%, siendo esta una de las variaciones más altas entre las partidas analizadas, lo cual evidencia un alto nivel de discrepancia entre el rendimiento teórico y el desempeño real de la actividad de encofrado y desencofrado en columnas. Este comportamiento sugiere que la ejecución de esta partida debe tener un mejor nivel de planificación y control en campo.

Esta discrepancia puede atribuirse a las variaciones en el encofrado debido a las diferentes formas y materiales para realizar dicha partida, así como a la estandarización de los procesos constructivos asociados al encofrado, donde el uso de sistemas modulares y la experiencia de la cuadrilla permiten evaluar los tiempos de ejecución sin embargo con sistemas tradicionales no se obtendrá el mismo resultado. Asimismo, la secuencia relativamente definida de armado, alineamiento, fijación y desencofrado contribuye a evaluar la variabilidad en los tiempos de trabajo.

Desde el punto de vista de la productividad, el resultado obtenido indica que la partida alcanza un nivel deficiente, con una alta incidencia de tiempos no contributivos. Sin embargo, es importante considerar que esta actividad se encuentra directamente vinculada a la ejecución del acero y al posterior vaciado de concreto, por lo que cualquier retraso en estas partidas puede afectar su continuidad, generando tiempos de espera que no se reflejan completamente en el cálculo del Takt-Time.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de encofrado en columnas presenta un desempeño deficiente; no obstante, su evaluación depende no solo de su ejecución interna, sino también de la adecuada coordinación con las actividades precedentes y sucesoras, siendo este un aspecto clave para garantizar la continuidad del proceso constructivo y el cumplimiento del cronograma.

f. Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas.

En la partida de concreto en columnas se contó con un metrado de 182.03 m3, siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 10 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 46

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en columnas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	182.03	m³
Rendimiento CAPECO	10.00	m³/día
Rendimiento del ACU del proyecto	12.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	11	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada – pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	43.50	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**39.55**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(10\frac{m^3}{día} + 12\frac{m^3}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 11.00\ \frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{10\frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 43.50\frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido da a entender que en 43.50 minutos se debería estar cumpliendo con el vaciado de un metro cúbico de concreto por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{11.00\ \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 39.55\frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 39.55 minutos para la implementación de un cubo de concreto en lo que respecta a la partida de columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{ideal} - Tiempo\ Takt_{calculado}}{Tiempo\ Takt_{ideal}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{43.50\frac{min}{m^3} - 39.55\frac{min}{m^3}}{43.50\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 9.08\%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 9.08%, constituyendo una variación pequeña registrada entre las partidas analizadas, lo cual evidencia una regular correspondencia entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de concreto en columnas. Este resultado indica que la actividad presenta un nivel de control y estabilidad regular en su ejecución.

Este comportamiento puede atribuirse a la naturaleza del proceso de vaciado en elementos verticales, el cual, aunque requiere mayor control técnico en aspectos como la correcta colocación, vibrado y continuidad del concreto, suele ejecutarse bajo condiciones altamente planificadas, especialmente en lo referente a la programación del suministro y la coordinación de la cuadrilla. Asimismo, al tratarse de una actividad crítica dentro del sistema estructural, se tiende a minimizar interrupciones durante su ejecución, lo que contribuye a mantener un flujo de trabajo continuo.

Desde el enfoque de productividad, el bajo nivel de variación evidencia que la partida opera en condiciones cercanas al óptimo; sin embargo, esto no implica la ausencia de pérdidas, sino más bien una adecuada gestión de las mismas. Factores como la espera de equipos, ajustes en el proceso de vibrado o coordinación con el encofrado pueden generar pequeñas desviaciones que, aunque no significativas de manera individual, podrían tener efectos acumulativos si no son controladas.

En consecuencia, el análisis permite afirmar que la partida de concreto en columnas presenta un desempeño eficiente y altamente controlado, siendo fundamental mantener las condiciones de planificación y coordinación observadas para sostener este nivel de productividad y garantizar la calidad estructural del elemento ejecutado.

g. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en vigas.

En la partida de acero de refuerzo en vigas, se contó con un metrado de 22,515.62 Kg., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 250 Kg/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 47

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de acero de refuerzo en vigas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	22515.62	Kg
Rendimiento CAPECO	250.00	Kg/día
Rendimiento del ACU del proyecto	225.00	Kg/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	237.50	kg/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada – pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	1.74	min/kg
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**1.83**	min/kg

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(250\frac{Kg}{día} + 225\frac{Kg}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 237.50\ \frac{Kg}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{250.00\ \frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 1.74\frac{min}{Kg}$$

El resultado obtenido da a entender que en 1.74 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación del acero por parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{237.50\ \frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.83\frac{min}{Kg}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.83 minutos para la implementación del acero destinado a las vigas en lo que respecta a la partida de columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.83\frac{min}{Kg} - 1.74\frac{min}{Kg}}{1.83\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 4.92\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 4.92%, lo cual evidencia una correspondencia adecuada entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de acero de refuerzo en vigas. Este nivel de variación indica que la actividad presenta un desempeño relativamente estable, aunque con una ligera dispersión atribuible a condiciones propias de su ejecución.

En comparación con otras partidas de acero analizadas, el comportamiento en vigas presenta características intermedias, ya que combina aspectos de repetitividad con condiciones operativas que pueden generar variabilidad, tales como la disposición horizontal del elemento, la interferencia con encofrados y la necesidad de coordinación con actividades previas como el armado de soportes y elementos auxiliares. Estas condiciones pueden generar tiempos adicionales asociados a ajustes, alineamientos y verificación del correcto posicionamiento del refuerzo.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido sugiere que la partida mantiene un nivel de eficiencia aceptable; sin embargo, al igual que en otras actividades de acero, su desempeño se encuentra condicionado por la logística de suministro, la organización de la cuadrilla y la secuencia constructiva. En este sentido, la presencia de tiempos no contributivos, aunque moderada, puede influir en el rendimiento global si no se gestiona adecuadamente.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de acero en vigas presenta un comportamiento consistente con las condiciones reales de obra, requiriendo un adecuado control en la coordinación de actividades y en la organización del trabajo, debido a la presencia de variaciones en los tiempos de ejecución.

h. Encofrado y desencofrado normal en vigas.

En la partida de encofrado y desencofrado normal en vigas, se contó con un metrado de 1059.90 m2., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 40 m2/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 48

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrado y desencofrado en vigas

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	1059.90	m2
Rendimiento CAPECO	40.00	m2/día
Rendimiento del ACU del proyecto	10.00	m2/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	25.00	m2/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada – pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	10.88	min/m2
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**17.40**	min/m2

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, c, d, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(40\frac{m^2}{día} + 10\frac{m^2}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 25.00\ \frac{m^2}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{40\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 10.88\frac{min}{m^2}$$

El resultado obtenido da a entender que en 9.244 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación del encofrado destinado a vigas por parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{25.00\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 17.40\frac{min}{m^2}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 8.886 minutos para la implementación del encofrado destinado a las vigas en lo que respecta a la partida de columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{17.40\frac{min}{m^2} - 10.88\frac{min}{m^2}}{17.40\frac{min}{m^2}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 37.47\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 37.47%, lo cual evidencia una elevada correspondencia entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de encofrado y desencofrado en vigas. Este nivel de variación indica que la actividad presenta un desempeño inestable, con una dispersión atribuible a las condiciones propias de su ejecución en elementos horizontales.

En comparación con la misma partida en columnas, el encofrado en vigas presenta condiciones operativas distintas, debido principalmente a la necesidad de trabajar en altura, el uso de elementos de soporte temporal (puntales) y la mayor complejidad en la alineación y nivelación del sistema de encofrado. Estas características pueden generar tiempos adicionales asociados a ajustes, verificación de niveles y aseguramiento de la estabilidad del sistema antes del vaciado de concreto.

Desde el punto de vista de la productividad, el resultado obtenido sugiere que la partida mantiene un nivel de eficiencia adecuado, beneficiándose de su carácter repetitivo y de la estandarización de los procesos constructivos; sin embargo, su desempeño puede verse influenciado por factores externos como la disponibilidad de materiales, la logística de montaje y la coordinación con actividades previas, particularmente el armado del acero.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de encofrado en vigas presenta un comportamiento consistente con las condiciones reales de obra, requiriendo un adecuado control en la ejecución y en la secuencia constructiva para minimizar variaciones y garantizar la continuidad del proceso.

i. Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.

En la partida de concreto en vigas, se contó con un metrado de 183.57 m3., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 20 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 49

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en vigas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	183.57	m³
Rendimiento CAPECO	20.00	m³/día
Rendimiento del ACU del proyecto	12.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	16.00	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada – pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	21.75	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/d	**27.19**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, c, d, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(20\frac{m^3}{día} + 12\frac{m^3}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 16.00\ \frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{20\ \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 21.75\frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido da a entender que en 21.75 minutos se debería estar cumpliendo con el vaciado de concreto destinado a vigas por parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{16.00\ \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 27.19\frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 27.19 minutos para el vaciado de concreto destinado a las vigas en lo que respecta a la partida.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{27.19\frac{min}{m^3} - 21.75\frac{min}{m^3}}{27.19\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 20.00\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 20.00%, constituyendo una variación

moderadamente regular registrada entre todas las partidas analizadas. Este resultado evidencia una correspondencia prácticamente elevada entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de concreto en vigas, lo cual indica un bajo nivel de control y predictibilidad en su ejecución.

Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza del proceso de vaciado en elementos horizontales, donde, a diferencia de los elementos verticales, se dispone de condiciones más favorables para la colocación y distribución del concreto, permitiendo un flujo de trabajo más continuo y menos restringido. Asimismo, la planificación previa del vaciado, la coordinación en el suministro del concreto y la secuencia definida de ejecución contribuyen significativamente a la evaluación de variabilidad en los tiempos de trabajo.

Desde el enfoque de productividad, el nivel de diferencia sugiere que la actividad opera en condiciones diferentes al rendimiento esperado; sin embargo, es importante considerar que este resultado también puede estar influenciado por la naturaleza concentrada de la actividad, la cual suele ejecutarse en periodos específicos y bajo condiciones controladas, lo que sugiere la presencia de interrupciones significativas durante su desarrollo.

En consecuencia, el análisis permite afirmar que la partida de concreto en vigas presenta el comportamiento variable dentro del conjunto de actividades evaluadas, constituyéndose como uno de los más variables referente de desempeño dentro del proceso constructivo. No obstante, este nivel de deficiencia depende en gran medida de la planificación y coordinación previa, por lo que su replicabilidad en otras condiciones de obra podría verse condicionada por factores logísticos y operativos.

j. Muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga M: 1:1:4, E=1.5 cm.

En la partida de muro de ladrillo k.k., se contó con un metrado de 1059.90m3., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 8 m2/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 50

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de muros de ladrillos K.K. en soga.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	1059.90	m2
Rendimiento CAPECO	9.46	m2/día
Rendimiento del ACU del proyecto	8.00	m2/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	8.73	m2/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	45.98	min/m2
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**49.83**	min/m2

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(9.46\frac{m^2}{día} + 8\frac{m^2}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 8.73\frac{m^2}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{9.46\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 45.98\frac{min}{m^2}$$

El resultado obtenido da a entender que en 45.98 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación de un metro cuadrado en lo que respecta a muros, parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{8.00\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 49.83\frac{min}{m^2}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 49.83 minutos para la habilitación de un muro de ladrillos por parte de la cuadrilla en lo que respecta a la partida.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{49.83\frac{min}{m^3} - 45.98\frac{min}{m^3}}{49.83\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 7.73\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 7.73%, lo cual evidencia una correspondencia aceptable entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de muros de ladrillo K.K. en soga. Este nivel de variación indica que la actividad presenta un desempeño relativamente estable, aunque con una mayor dispersión en comparación con las partidas estructurales previamente analizadas.

Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza de la actividad de albañilería, la cual depende en mayor medida de la habilidad manual de la cuadrilla, la dosificación y manejo de mortero, así como de la precisión en la alineación y nivelación de los elementos. A diferencia de las partidas estructurales como concreto o encofrado, donde los procesos se encuentran más estandarizados, la ejecución de muros presenta una mayor variabilidad asociada a factores humanos y condiciones de trabajo en campo.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido sugiere que, si bien la partida mantiene un rendimiento cercano al esperado, presenta una mayor susceptibilidad a tiempos no contributivos, tales como preparación de mortero, ajustes en alineación, pausas operativas y coordinación con otras actividades no estructurales. Esta condición puede generar variaciones en el ritmo de producción, especialmente en actividades de alta repetitividad.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de muros de ladrillo presenta un comportamiento menos controlado en comparación con las actividades estructurales, lo cual se refleja en una mayor variabilidad en los tiempos de ejecución. En este contexto, se identifica la necesidad de fortalecer la supervisión y la organización del trabajo durante su ejecución.

B. Mejoramiento del servicio de educación inicial en la I.E Villa Continental Distrito de Cayma Provincia de Arequipa Departamento de Arequipa:

Para el segundo proyecto se consideraron de igual forma 10 actividades, centradas principalmente en aquellas que completan la etapa de casco estructural, o comúnmente acuñado como casco gris, como lo son:

Tabla 51

Partidas evaluadas en el segundo proyecto.

Partida N°	Actividad	Unidad	Metrado
1	Excavación de zanjas para cimientos.	M3	1,469.60
2	Acero Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.	Kg	2,030.83
3	Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas.	M3	95.77
4	Acero corrugado en columnas Fy=4200 kg/cm2.	Kg	10,669.54
5	Encofrado y desencofrado en columnas.	M2	597.31
6	Concreto en columnas f'c=210 kg/cm2.	M3	68.60
7	Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas.	Kg	12,221.05
8	Encofrado y desencofrado en vigas.	M2	485.13
9	Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.	M3	66.32
10	Muro de ladrillo K.K. de arcilla de soga con mezcla 1:4 x 1:5 cm.	M2	1,078.72

Bajo la terminología y conceptos de Takt-time previamente expuestos, se procede a analizar cada una de las partidas, considerando que esta fue analizada de forma asíncrona, puesto que fue un proyecto relevante de elección debido a la temática que comparte con el tema de la tesis: Infraestructura educativa; pero que en el momento de la realización del presente trabajo está ya se encontraba culminada, siendo que en su historial no se encuentra exenta de irregularidades e inconvenientes para el cumplimiento de las misma.

a. Excavación de zanjas con máquina para cimientos.

En la partida de excavación de zanjas con maquina se contó con un metrado de 1469.60 m3., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 400 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 52

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de excavaciones para cimientos.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	1469.60	m³
Rendimiento CAPECO	450.00	m³/día
Rendimiento del ACU del proyecto	350.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min/día
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min/día
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio calculado real y CAPECO	375.00	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada – pausas	435.00	min/día
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	0.97	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**1.09**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(400\frac{m^3}{día} + 350\frac{m^3}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 375\frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435\frac{min}{día}}{450\frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 0.97\frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido dio a entender que en 0.97 minutos se debería estar cumpliendo con la ejecución de un metro cúbico por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435\frac{min}{día}}{375\frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.16\frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la producción diaria requerida y el tiempo neto disponible por día, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.16 minutos para obtener un metro cúbico.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.16\frac{min}{m^3} - 0.97\frac{min}{m^3}}{1.16\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 16.38\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es regular, alcanzando un valor del 16.38%, lo cual indica que el rendimiento real de la partida de excavación de zanjas presenta una

aproximación aceptable respecto a los valores teóricos de referencia. Este comportamiento sugiere que, en términos generales, la planificación inicial basada en rendimientos estándar resulta un valor alto en comparación con las condiciones reales de ejecución del proyecto.

No obstante, el incremento del tiempo Takt calculado respecto al ideal refleja la influencia de factores operativos considerados en el ajuste, tales como tiempo neto por día y la producción diaria requerida. En este sentido, el valor obtenido evidencia que la productividad real se encuentra condicionada por aspectos como la organización de la mano de obra, la eficiencia en el uso de maquinaria, el tipo de suelo y las posibles interrupciones durante la jornada laboral.

Desde una perspectiva de gestión de la productividad, este resultado implica que, si bien la actividad logra mantener un desempeño cercano al esperado, existen oportunidades de mejora orientadas a la evaluación de los tiempos no contributivos y de pérdidas operativas, lo cual permitiría alcanzar condiciones más cercanas al escenario ideal. Asimismo, al tratarse de una actividad inicial dentro del proceso constructivo, cualquier desviación, por mínima que sea, puede generar efectos acumulativos en las etapas posteriores, afectando el flujo de trabajo y el cumplimiento del cronograma general del proyecto.

b. Acero Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.

En la partida de acero en zapatas, se contó con un metrado de 2030.83 kg., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 250 kg/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 53

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de aceros para zapatas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	2030.83	Kg
Rendimiento CAPECO	250.00	Kg/día
Rendimiento ACU del Proyecto	200.00	Kg/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	225.00	Kg/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min

Tiempo TAKT (ideal)	
b/Rend. CAPECO	**1.74** min/Kg
Tiempo TAKT (calculado)	
b/a	**1.93** min/Kg

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(250\,\frac{Kg}{día} + 200\,\frac{Kg}{días}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 225.00\,\frac{Kg}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\,\frac{min}{día} - 45\,\frac{min}{día}$$

$$b = 435\,\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435\,\frac{min}{día}}{250\,\frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 1.74 \frac{min}{Kg}$$

El resultado obtenido da a entender que en 1.74 minutos se debería estar cumpliendo con la implementación de un kilogramo de acero por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435 \frac{min}{día}}{225 \frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.93 \frac{min}{Kg}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.93 minutos para obtener un kilogramo.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.93 \frac{min}{Kg} - 1.74 \frac{min}{Kg}}{1.93 \frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 10.00\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 10.00%, lo cual evidencia un comportamiento bastante cercano entre el rendimiento teórico y el rendimiento ajustado de la partida de acero de refuerzo en zapatas. Este bajo nivel de variación indica que la actividad presenta una ejecución relativamente estable y predecible en comparación con otras partidas del proceso constructivo.

No obstante, la ligera evaluación del Takt-Time calculado respecto al ideal pone en evidencia la influencia de factores operativos considerados en el ajuste, tales como la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y las pérdidas inherentes al proceso. En el caso específico del acero de refuerzo, estas variaciones pueden estar asociadas a la logística de suministro, la organización del habilitado y colocado del acero, así como a la coordinación entre actividades previas y posteriores dentro de la secuencia constructiva, como la lectura correcta de planos.

Desde el enfoque de productividad, este resultado sugiere que la partida presenta un nivel de eficiencia aceptable; sin embargo, aún existen oportunidades de mejora orientadas a evaluar la gestión de tiempos no contributivos, especialmente aquellos relacionados con esperas, traslados y preparación de materiales. Asimismo, al tratarse de una actividad crítica dentro de la etapa de cimentación, cualquier desviación en su rendimiento puede impactar directamente en la continuidad de las actividades estructurales siguientes.

En consecuencia, el análisis evidencia que, si bien la partida mantiene un comportamiento cercano al esperado, la implementación de estrategias de mejora en la organización del trabajo y en la gestión de recursos permitiría alcanzar un desempeño más eficiente y alineado con condiciones óptimas de ejecución.

c. Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas.

En la partida de concreto en zapatas, se contó con un metrado de 95.77 m3., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 25 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 54

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en zapatas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	95.77	m³
Rendimiento CAPECO	25.00	m³/día
Rendimiento ACU del Proyecto	13.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	19.00	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	17.40	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**22.89**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(25\frac{m^3}{día} + 13\frac{m^3}{días}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 19.00\frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{25\frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 17.40\frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido da a entender que en 17.40 minutos se debería estar cumpliendo con la implementación de un metro cúbico de concreto por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00 \frac{min}{día}}{19 \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 22.89 \frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 22.89 minutos para el vaciado de un metro cúbico de concreto.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{22.89 \frac{min}{m^3} - 17.40 \frac{min}{m^3}}{22.89 \frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 24.00\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 24.00%, lo cual evidencia una alta correspondencia entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de concreto en zapatas. Este alto nivel de variación indica que la actividad presenta un proceso relativamente variado entre CAPECO y el del proyecto en la provincia de Arequipa, con una ejecución que se aproxima a las condiciones planificadas.

Este comportamiento puede atribuirse a la naturaleza del proceso de vaciado de concreto, el cual, al depender en gran medida del suministro continuo de concreto premezclado y de la correcta coordinación de equipos y personal, tiende a presentar variaciones cuando existe una mala planificación logística. En ese sentido, factores como la programación de vaciados, la disponibilidad de equipos de transporte y colocación, así como la continuidad de la operación, juegan un rol determinante en la estabilidad del rendimiento observado.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido sugiere que la partida alcanza un nivel de eficiencia cercano al óptimo; sin embargo, no se encuentra exenta de posibles pérdidas asociadas a tiempos de espera, coordinación entre actividades previas (encofrado y acero) y eventuales interrupciones durante el proceso de vaciado. Estas

condiciones, aunque no generan desviaciones significativas en el Takt-Time, pueden acumularse y afectar el desempeño global si no son gestionadas adecuadamente.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de concreto en zapatas presenta un comportamiento eficiente y predecible, siendo fundamental mantener un adecuado control logístico y operativo para sostener este nivel de desempeño y evitar desviaciones que puedan afectar la continuidad de las actividades estructurales posteriores.

d. Acero corrugado en columnas Fy=4200 kg/cm2.

En la partida de acero corrugado en columnas, se contó con un metrado de 10669.54 Kg., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 250 kg/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 55

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de aceros para columnas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	10669.54	Kg
Rendimiento CAPECO	250.00	Kg/día
Rendimiento del ACU del Proyecto	200.00	Kg/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	225.00	Kg/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	1.740	min/ Kg
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**1.933**	min/ Kg

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(250\frac{Kg}{día} + 200\frac{Kg}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 225.00\frac{Kg}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un "Takt-Time ideal" y un "Takt-Time calculado". Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435\frac{min}{día}}{250\frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 1.74\frac{min}{Kg}$$

El resultado obtenido da a entender que en 1.74 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación de un kilogramo de acero por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435\frac{min}{día}}{225.0\frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.93\frac{min}{Kg}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.93 minutos para la implementación de un kilogramo de acero.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.933\frac{min}{Kg} - 1.740\frac{min}{Kg}}{1.933\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 10.0\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 10.00 %, lo cual indica una correspondencia cercana entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de acero de refuerzo en columnas. Este nivel de variación sugiere que la actividad mantiene un desempeño relativamente estable; sin embargo, presenta una ligera mayor dispersión en comparación con la misma partida en zapatas.

Esta diferencia puede explicarse por la mayor complejidad operativa que implica la habilitación y colocación del acero en elementos verticales, donde intervienen factores como la altura de trabajo, la necesidad de mayor precisión en el armado, la interferencia con elementos de encofrado y la coordinación con otras actividades estructurales. Estas condiciones generan un incremento en los tiempos contributivos y, en algunos casos, en tiempos no contributivos asociados a ajustes, alineamientos y verificación de la correcta disposición del refuerzo.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido indica que, si bien la partida presenta un comportamiento cercano al esperado, su eficiencia se encuentra más condicionada por aspectos operativos en comparación con otras partidas similares. Esto implica que pequeñas ineficiencias pueden tener un impacto más significativo en el rendimiento global, especialmente considerando la alta repetitividad de la actividad a lo largo del proyecto.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de acero en columnas presenta la necesidad de un mayor control en la organización del trabajo y en la coordinación entre cuadrillas, debido a la presencia de tiempos improductivos identificados. Asimismo, se observa una diferencia entre el rendimiento ideal y el

rendimiento obtenido, lo cual refleja oportunidades de ajuste en la planificación y ejecución de la partida.

e. Encofrado y desencofrado en columnas.

En la partida de encofrado y desencofrado de columnas, se observó un metrado de 597.31 m2., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 40 m2/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 56

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrado y desencofrado en columnas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	597.31	m2
Rendimiento CAPECO	40.00	m2/día
Rendimiento ACU del proyecto	10.00	m2/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	25.00	m2/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	10.875	min/m2
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**17.400**	min/m2

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(40\frac{m^2}{día} + 10\frac{m^2}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 25.00\ \frac{m^2}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de “Tiempo neto disponible por día (b)”, siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Con los datos del preámbulo realizados para poder calcular los tiempos Takt, se tiene que a continuación el planteamiento de un “Takt-Time ideal” y un “Takt-Time calculado”. Siendo que para el primero se hizo uso del rendimiento original brindado por CAPECO (2023), y para la segunda expresión se empleó el rendimiento ajustado (d).

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435\frac{min}{día}}{40\frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 10.88\frac{min}{m^2}$$

El resultado obtenido da a entender que en 10.88 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación de un metro cuadrado de encofrado en las columnas por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{25.00\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 17.40\frac{min}{m^2}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es

más acorde al realista; siendo que se necesitarían 17.40 minutos para la implementación de un metro de cuadro en lo que respecta al encofrado en columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{17.40\frac{min}{m^2} - 10.88\frac{min}{m^2}}{17.40\frac{min}{m^2}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 37.47\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 37.47%, siendo esta una de las variaciones más altas entre las partidas analizadas, lo cual evidencia un alto nivel de discrepancia entre el rendimiento teórico y el desempeño real de la actividad de encofrado y desencofrado en columnas. Este comportamiento sugiere que la ejecución de esta partida debe tener un mejor nivel de planificación y control en campo.

Esta discrepancia puede atribuirse a las variaciones en el encofrado debido a las diferentes formas y materiales para realizar dicha partida, así como a la estandarización de los procesos constructivos asociados al encofrado, donde el uso de sistemas modulares y la experiencia de la cuadrilla permiten evaluar los tiempos de ejecución, sin embargo, con sistemas tradicionales no se obtendrá el mismo resultado. Asimismo, la secuencia relativamente definida de armado, alineamiento, fijación y desencofrado contribuye a evaluar la variabilidad en los tiempos de trabajo.

Desde el punto de vista de la productividad, el resultado obtenido indica que la partida alcanza un nivel deficiente, con una alta incidencia de tiempos no contributivos. Sin embargo, es importante considerar que esta actividad se encuentra directamente vinculada a la ejecución del acero y al posterior vaciado de concreto, por lo que cualquier retraso en estas partidas puede afectar su continuidad, generando tiempos de espera que no se reflejan completamente en el cálculo del Takt-Time.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de encofrado en columnas presenta un desempeño deficiente; no obstante, su evaluación depende no solo de su ejecución interna, sino también de la adecuada coordinación con las actividades precedentes y sucesoras, siendo este un aspecto clave para garantizar la continuidad del proceso constructivo y el cumplimiento del cronograma.

f. Concreto en columnas f'c=210 kg/cm2.

En la partida de concreto en vigas, se contó con un metrado de 68.60 m3., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 10 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 57

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en columnas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	68.60	m³
Rendimiento CAPECO	10.00	m³/día
Rendimiento ACU del Proyecto	10.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	10.00	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	43.50	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/d	**43.50**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.CAPECO + Rend.EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(10\frac{m^3}{día} + 10\frac{m^3}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 10.00\ \frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{10\frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 43.50\frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido da a entender que en 43.50 minutos se debería estar cumpliendo con el vaciado de un metro cúbico de concreto por parte de la cuadrilla.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{10.00\ \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 43.50\frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 43.50 minutos para la implementación de un cubo de concreto en lo que respecta a la partida de columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{ideal} - Tiempo\ Takt_{calculado}}{Tiempo\ Takt_{ideal}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{43.50\frac{min}{m^3} - 43.50\frac{min}{m^3}}{43.50\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 0.00\%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 0.00%, constituyendo una variación nula registrada entre las partidas analizadas, lo cual evidencia una correspondencia entre el

rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de concreto en columnas. Este resultado indica que la actividad presenta un nivel de control y estabilidad regular en su ejecución.

Este comportamiento puede atribuirse a la naturaleza del proceso de vaciado en elementos verticales, el cual, aunque requiere mayor control técnico en aspectos como la correcta colocación, vibrado y continuidad del concreto, suele ejecutarse bajo condiciones altamente planificadas, especialmente en lo referente a la programación del suministro y la coordinación de la cuadrilla. Asimismo, al tratarse de una actividad crítica dentro del sistema estructural, se tiende a minimizar interrupciones durante su ejecución, lo que contribuye a mantener un flujo de trabajo continuo.

Desde el enfoque de productividad, el bajo nivel de variación evidencia que la partida opera en condiciones cercanas al óptimo; sin embargo, esto no implica la ausencia de pérdidas, sino más bien una adecuada gestión de las mismas. Factores como la espera de equipos, ajustes en el proceso de vibrado o coordinación con el encofrado pueden generar pequeñas desviaciones que, aunque no significativas de manera individual, podrían tener efectos acumulativos si no son controladas.

En consecuencia, el análisis permite afirmar que la partida de concreto en columnas presenta un desempeño eficiente y altamente controlado, siendo fundamental mantener las condiciones de planificación y coordinación observadas para sostener este nivel de productividad y garantizar la calidad estructural del elemento ejecutado.

g. Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas.

En la partida de acero corrugado en vigas, se contó con un metrado de 12,221.05 Kg., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 250 kg/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 58

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de aceros destinados en vigas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	12221.05	Kg
Rendimiento CAPECO	250.00	Kg/día
Rendimiento ACU del proyecto	200.00	Kg/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	225.00	kg/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
c/Rend.CAPECO	1.74	min/kg
Tiempo TAKT (calculado)		
c/d	**1.93**	min/kg

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(250\frac{Kg}{día} + 200\frac{Kg}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 225.00\ \frac{Kg}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{250.00\ \frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 1.74\frac{min}{Kg}$$

El resultado obtenido da a entender que en 1.74 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación del acero por parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{225.00\ \frac{Kg}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 1.93\frac{min}{Kg}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 1.93 minutos para la implementación del acero destinado a las vigas en lo que respecta a la partida de columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{1.93\frac{min}{Kg} - 1.74\frac{min}{Kg}}{1.93\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 10.00\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 10.00%, lo cual evidencia una correspondencia adecuada entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de acero de refuerzo en vigas. Este nivel de variación indica que la actividad presenta un desempeño relativamente estable, aunque con una ligera dispersión atribuible a condiciones propias de su ejecución.

En comparación con otras partidas de acero analizadas, el comportamiento en vigas presenta características intermedias, ya que combina aspectos de repetitividad con condiciones operativas que pueden generar variabilidad, tales como la disposición horizontal del elemento, la interferencia con encofrados y la necesidad de coordinación con actividades previas como el armado de soportes y elementos auxiliares. Estas condiciones pueden generar tiempos adicionales asociados a ajustes, alineamientos y verificación del correcto posicionamiento del refuerzo.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido sugiere que la partida mantiene un nivel de eficiencia aceptable; sin embargo, al igual que en otras actividades de acero, su desempeño se encuentra condicionado por la logística de suministro, la organización de la cuadrilla y la secuencia constructiva. En este sentido, la presencia de tiempos no contributivos, aunque moderada, puede influir en el rendimiento global si no se gestiona adecuadamente.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de acero en vigas presenta un comportamiento consistente con las condiciones reales de obra, requiriendo un adecuado control en la coordinación de actividades y en la organización del trabajo, debido a la presencia de variaciones en los tiempos de ejecución.

h. Encofrado y desencofrado en vigas.

En la partida de encofrado y desencofrado en vigas, se contó con un metrado de 485.13 m2., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 40 m2/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 59

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de encofrados y desencofrado en vigas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	485.13	m2
Rendimiento CAPECO	40.00	m2/día
Rendimiento ACU del Proyecto	10.00	m2/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	25.00	m2/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	10.88	min/m2
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**17.40**	min/m2

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(40\frac{m^2}{día} + 10\frac{m^2}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 25.00\ \frac{m^2}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{40.00\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 10.88\frac{min}{m^2}$$

El resultado obtenido da a entender que en 10.88 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación del encofrado destinado a vigas por parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{25.00\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 17.40\frac{min}{m^2}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 17.40 minutos para la implementación del encofrado destinado a las vigas en lo que respecta a la partida de columnas.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{17.40\frac{min}{m^2} - 10.88\frac{min}{m^2}}{17.40\frac{min}{m^2}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 37.50\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 37.50%, lo cual evidencia una elevada

correspondencia entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de encofrado y desencofrado en vigas. Este nivel de variación indica que la actividad presenta un desempeño inestable, con una dispersión atribuible a las condiciones propias de su ejecución en elementos horizontales.

En comparación con la misma partida en columnas, el encofrado en vigas presenta condiciones operativas distintas, debido principalmente a la necesidad de trabajar en altura, el uso de elementos de soporte temporal (puntales) y la mayor complejidad en la alineación y nivelación del sistema de encofrado. Estas características pueden generar tiempos adicionales asociados a ajustes, verificación de niveles y aseguramiento de la estabilidad del sistema antes del vaciado de concreto.

Desde el punto de vista de la productividad, el resultado obtenido sugiere que la partida mantiene un nivel de eficiencia adecuado, beneficiándose de su carácter repetitivo y de la estandarización de los procesos constructivos; sin embargo, su desempeño puede verse influenciado por factores externos como la disponibilidad de materiales, la logística de montaje y la coordinación con actividades previas, particularmente el armado del acero.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de encofrado en vigas presenta un comportamiento consistente con las condiciones reales de obra, requiriendo un adecuado control en la ejecución y en la secuencia constructiva para minimizar variaciones y garantizar la continuidad del proceso.

i. Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.

En la partida de concreto en vigas, se contó con un metrado de 66.32 m3., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 20 m3/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 60

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de concreto en vigas.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	66.32	m³
Rendimiento CAPECO	20.00	m³/día
Rendimiento ACU del Proyecto	12.00	m³/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio calculado real y CAPECO	16.00	m3/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	21.750	min/m3
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**27.188**	min/m3

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(20\frac{m^3}{día} + 12\frac{m^3}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 16.00\ \frac{m^3}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{20\ \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 21.75\frac{min}{m^3}$$

El resultado obtenido da a entender que en 21.75 minutos se debería estar cumpliendo con el vaciado de concreto destinado a vigas por parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Producción\ diaria\ requerida}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{16.00\ \frac{m^3}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 27.19\frac{min}{m^3}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 27.19 minutos para el vaciado de concreto destinado a las vigas en lo que respecta a la partida.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{27.19\frac{min}{m^3} - 21.75\frac{min}{m^3}}{27.19\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 20.00\ \%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 20.00%, constituyendo una variación

moderadamente regular registrada entre todas las partidas analizadas. Este resultado evidencia una correspondencia prácticamente elevada entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de concreto en vigas, lo cual indica un bajo nivel de control y predictibilidad en su ejecución.

Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza del proceso de vaciado en elementos horizontales, donde, a diferencia de los elementos verticales, se dispone de condiciones más favorables para la colocación y distribución del concreto, permitiendo un flujo de trabajo más continuo y menos restringido. Asimismo, la planificación previa del vaciado, la coordinación en el suministro del concreto y la secuencia definida de ejecución contribuyen significativamente a la evaluación de variabilidad en los tiempos de trabajo.

Desde el enfoque de productividad, el nivel de diferencia sugiere que la actividad opera en condiciones diferentes al rendimiento esperado; sin embargo, es importante considerar que este resultado también puede estar influenciado por la naturaleza concentrada de la actividad, la cual suele ejecutarse en periodos específicos y bajo condiciones controladas, lo que sugiere la presencia de interrupciones significativas durante su desarrollo.

En consecuencia, el análisis permite afirmar que la partida de concreto en vigas presenta el comportamiento variable dentro del conjunto de actividades evaluadas, constituyéndose como uno de los más variables referente de desempeño dentro del proceso constructivo. No obstante, este nivel de deficiencia depende en gran medida de la planificación y coordinación previa, por lo que su replicabilidad en otras condiciones de obra podría verse condicionada por factores logísticos y operativos.

.

j. Muro de ladrillo K.K. de arcilla de soga con mezcla 1:4 x 1:5 cm.

En la partida de muros de ladrillo k.k. de arcilla de soga, se contó con un metrado de 1078.72 m2., siendo que esta actividad cuenta con un rendimiento de 8 m2/día según datos de CAPECO (2023), se ha considerado realizar una comparación al final del tiempo TAKT empleando el rendimiento de CAPECO y el rendimiento real de la obra en base a los días laborados.

Tabla 61

Resumen del Cálculo Takt-Time en la partida de muros de ladrillo en soga.

Concepto	Valor	Unidad
Metrado total de la partida (demanda del proyecto)	1078.72	m2
Rendimiento CAPECO	9.46	m2/día
Rendimiento ACU del Proyecto	10.00	m2/día
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480.00	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados)	45.00	min
Cálculo TAKT		
a. Producción diaria requerida		
Rendimiento promedio ACU y CAPECO	9.73	m2/día
b. Tiempo neto disponible por día		
Jornada - pausas	435.00	min
Tiempo TAKT (ideal)		
b/Rend.CAPECO	45.98	min/m2
Tiempo TAKT (calculado)		
b/a	**44.71**	min/m2

Se tomó como pasos a realizar los siguientes puntos (a, b, Tiempo Takt ideal, Tiempo Takt calculado), siendo el proceso de la siguiente manera.

Para hallar el valor de la "Producción diaria requerida (a)" se planteó usar el valor promedio del rendimiento de CAPECO (2023), y el del análisis de costos unitarios del expediente del proyecto.

$$a = (Rend.\,CAPECO + Rend.\,EXPEDIENTE) * \frac{1}{2}$$

$$a = \left(9.46\frac{m^2}{día} + 10\frac{m^2}{día}\right) * \frac{1}{2}$$

$$a = 9.73\frac{m^2}{día}$$

El siguiente apartado calculado fue aquel bajo el nombre de "Tiempo neto disponible por día (b)", siendo este la diferencia entre el tiempo de la jornada diaria de trabajo (8 horas x 60 minutos) con las pausas operativas, siendo un valor estandarizado

para todas las partidas analizadas con el fin de ser evaluadas en las mismas condiciones bajo un criterio de tiempo lógico acumulado en una jornada laboral.

$$b = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - Pausas\ operativas$$

$$b = 480\frac{min}{día} - 45\frac{min}{día}$$

$$b = 435\frac{min}{día}$$

Empezando por el Takt-Time ideal, se tiene:

$$Takt - Time_{ideal} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ CAPECO}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{9.46\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{ideal} = 45.98\frac{min}{m^2}$$

El resultado obtenido da a entender que en 45.98 minutos se debería estar cumpliendo con la habilitación de un metro cuadrado en lo que respecta a muros, parte de la cuadrilla en la partida.

Mientras que para el Takt-Time calculado se tiene:

$$Takt - Time_{calculado} = \frac{Tiempo\ neto\ disponible\ por\ día}{Rendimiento\ ajustado\ a\ perdidas}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = \frac{435.00\frac{min}{día}}{9.73\ \frac{m^2}{día}}$$

$$Tiempo\ Takt_{calculado} = 44.71\frac{min}{m^2}$$

El resultado nos indica que bajo las consideraciones tomadas en cuenta esta vez como lo son la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y el factor de pérdida, el valor es más acorde al realista; siendo que se necesitarían 44.71 minutos para la habilitación de un muro de ladrillos por parte de la cuadrilla en lo que respecta a la partida.

Para culminar con el análisis de esta partida se comparó ambos valores.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{ideal} - Tiempo\ Takt_{calculado}}{Tiempo\ Takt_{ideal}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{45.98\frac{min}{m^3} - 44.71\frac{min}{m^3}}{45.98\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 2.76\%$$

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la diferencia entre el Takt-Time ideal y el Takt-Time calculado es de 2.76%, lo cual evidencia una correspondencia aceptable entre el rendimiento teórico y el comportamiento real de la partida de muros de ladrillo K.K. en soga. Este nivel de variación indica que la actividad presenta un desempeño relativamente estable, aunque con una mayor dispersión en comparación con las partidas estructurales previamente analizadas.

Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza de la actividad de albañilería, la cual depende en mayor medida de la habilidad manual de la cuadrilla, la dosificación y manejo de mortero, así como de la precisión en la alineación y nivelación de los elementos. A diferencia de las partidas estructurales como concreto o encofrado, donde los procesos se encuentran más estandarizados, la ejecución de muros presenta una mayor variabilidad asociada a factores humanos y condiciones de trabajo en campo.

Desde el enfoque de productividad, el resultado obtenido sugiere que, si bien la partida mantiene un rendimiento cercano al esperado, presenta una mayor susceptibilidad a tiempos no contributivos, tales como preparación de mortero, ajustes en alineación, pausas operativas y coordinación con otras actividades no estructurales. Esta condición puede generar variaciones en el ritmo de producción, especialmente en actividades de alta repetitividad.

En consecuencia, el análisis evidencia que la partida de muros de ladrillo presenta un comportamiento menos controlado en comparación con las actividades estructurales, lo cual se refleja en una mayor variabilidad en los tiempos de ejecución. En este contexto, se identifica la necesidad de fortalecer la supervisión y la organización del trabajo durante su ejecución.

C. Ampliación del servicio educativo de nivel primaria de la I.E Las Flores, en el distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa:

El tercer proyecto contó con las partidas similares a los dos anteriores, siendo que la característica de este proyecto radica en su análisis de forma sincrónica, puesto que, a fecha de la elaboración del presente trabajo de investigación, el proyecto se encuentra en etapas de ejecución. Este mismo contó con las siguientes partidas analizadas:

Tabla 62

Partidas analizadas del tercer proyecto.

Partida N°	Actividad
1	Excavación c/equipo para cimentaciones.
2	Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en zapatas.
3	Concreto zapatas f'c=210 kg/cm2 premezclado en obra.
4	Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en columnas.
5	Encofrado y desencofrado normal en columnas.
6	Concreto columnas f'c=210 kg/cm2 mixer.
7	Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas.
8	Encofrado y desencofrado normal en vigas.
9	Concreto vigas f'c=210 kg/cm2 mixer.
10	Muro de ladrillo K.K. de Soga con mezcla 1:5

Para cada una de las partidas mencionados, se hizo uso de los datos adquiridos durante la integración de la herramienta Carta Balance.

a. Excavación c/equipo para cimentaciones:

La partida perteneciente a las excavaciones con equipo destinado a cimentaciones mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 63

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de excavación para cimientos.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	66	%
TC	24	%
TNC	10	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	90	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 10% de la jornada	48	min
Demanda diaria ACU del proyecto	80	m3/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**432**	min
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**5.4**	min/m3
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**0.97**	min/m3

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 48\frac{min}{día}$$

$$a = 432\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{432.00\frac{min}{día}}{80.00\frac{m^3}{día}}$$

$$b = 5.4\frac{min}{m^3}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{5.4\frac{min}{m^3} - 0.97\frac{min}{m^3}}{5.4\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 82.04\%$$

En esta partida se evidencia un enfoque más precisó en la determinación del tiempo Takt, al emplear datos reales obtenidos mediante Carta Balance, lo cual permite incorporar directamente las condiciones operativas de campo, incluyendo tiempos productivos, contributivos y no contributivos. A diferencia de los análisis basados en rendimientos teóricos, el valor de 5.4 min/m³ refleja de manera más fiel la capacidad operativa del equipo en condiciones reales de ejecución.

Con este resultado en la diferencia potencial del 82.04%, se colige un rendimiento demasiado alto por parte de CAPECO, debido a que este último considera un suelo del tipo normal, sin embargo, en nuestro proyecto el tipo de suelo era uno semirocoso de acuerdo a una inspección visual debido a esto que el rendimiento en campo es mayor al planteado por CAPECO.

Asimismo, el índice de aprovechamiento del 90% evidencia un nivel adecuado en la gestión del tiempo, aunque aún se identifican tiempos no contributivos dentro del proceso. En conjunto, el resultado obtenido permite establecer un Takt-Time representativo para la planificación y control de la partida, facilitando la sincronización de actividades y una toma de decisiones acorde a las condiciones reales del proyecto.

b. Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en zapatas:

La partida perteneciente a acero corrugado en zapatas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 64

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de acero corrugado en zapatas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	47	%

TC	43	%
TNC	10	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	90	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	Min/día
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 10% de la jornada	48	Min/día
Demanda diaria	200	kg/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**432**	min
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**2.16**	min/kg
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**1.74**	min/kg

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 48\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{432.00\frac{min}{día}}{200.00\frac{Kg}{día}}$$

$$b = 2.16\frac{min}{Kg}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{2.16\frac{min}{Kg} - 1.74\frac{min}{Kg}}{2.16\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 19.44\%$$

En la presente partida, el cálculo del tiempo Takt basado en datos levantados mediante Carta Balance permite reflejar con mayor precisión la dinámica real del proceso constructivo, particularmente en actividades de habilitación y colocación de acero. El valor 2.16 min/kg evidencia una relación directa entre el desempeño de la cuadrilla y la demanda diaria establecida, integrando las condiciones reales de operación.

La diferencia porcentual es del 19.44 %, esta representa que el rendimiento en campo es menor al que plantea CAPECO, debido a la complejidad en algunos elementos y las pausas operativas que son obligatorias en todos los proyectos, además el tiempo que se demora en consultas con el responsable directo de esta partida, debido a todos estos detalles es que la diferencia entre lo calculado en campo y CAPECO representa dicha diferencia.

Cabe destacar que, si bien el índice de aprovechamiento alcanza un 90%, la distribución entre trabajo productivo (47%) y contributivo (43%) revela que una proporción significativa del tiempo se destina a actividades de soporte, lo cual es característico en partidas de acero debido a procesos como corte, doblado y acondicionamiento. En ese sentido, el Takt-Time calculado no solo representa la capacidad operativa real, sino que también permite identificar la participación relativa de los distintos tipos de trabajo, evidenciando la incidencia de las actividades contributivas en el rendimiento global de la partida.

c. Concreto zapatas f'c=210 kg/cm2 premezclado en obra:

La partida perteneciente a concreto premezclado en obra para zapatas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 65

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de concreto en zapatas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	75	%
TC	13	%
TNC	12	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	88	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	Min/día
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 12% de la jornada	57.6	Min

Demanda diaria	13	m3/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**422.4**	min/día
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**32.49**	min/m3
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**17.4**	min/m3

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 57.6\frac{min}{día}$$

$$a = 422.4\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{422.4\frac{min}{día}}{13\frac{m^3}{día}}$$

$$b = 32.49\frac{min}{m^3}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{32.49\frac{min}{m^3} - 17.4\frac{min}{m^3}}{32.49\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 46.45\%$$

En esta partida se observa un comportamiento operativo más eficiente en comparación con otras actividades analizadas, evidenciado por un alto porcentaje de

trabajo productivo (75%) y un índice de aprovechamiento del 88%. El tiempo Takt 29.45 min/m³ refleja una adecuada sincronización entre el suministro del concreto premezclado y las actividades de colocación en obra, lo cual es fundamental en procesos continuos como el vaciado de zapatas.

Analizando la diferencia porcentual se obtiene un 46.45% lo cual representa un rango alto, se debe a que CAPECO en esta partida da un rendimiento tradicional el cual es muy alto a diferencia del calculado en campo, donde se tomaron todos los factores de perdida en la jornada laboral.

Asimismo, la menor proporción de trabajo contributivo sugiere que los procesos auxiliares presentan un nivel adecuado de organización; sin embargo, el 12% de tiempo no contributivo evidencia la presencia de actividades que no aportan directamente a la producción, principalmente asociadas a aspectos logísticos como tiempos de espera o coordinación de equipos. En conjunto, el resultado obtenido indica que el uso de datos in situ permite definir un Takt-Time más representativo, acorde a las condiciones reales de ejecución, lo cual contribuye a una planificación y control del ritmo de producción basados en evidencia.

d. Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en columnas:

La partida perteneciente a acero corrugado en columnas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 66

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de acero corrugado en columnas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	59	%
TC	32	%
TNC	9	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	91	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min/
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 9% de la jornada	43.2	min
Demanda diaria	200	kg/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**436.8**	min/día

b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**2.184**	min/kg
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**1.74**	min/kg

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 43.2\frac{min}{día}$$

$$a = 436.8\frac{min}{día}$$

Como segundo punto, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{436.8\frac{min}{día}}{200\frac{Kg}{día}}$$

$$b = 2.184\frac{min}{Kg}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{2.184\frac{min}{Kg} - 1.74\frac{min}{Kg}}{2.184\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 20.33\%$$

En esta partida se evidencia un desempeño operativo superior respecto a actividades similares, reflejado en un índice de aprovechamiento del 91% y una proporción de trabajo productivo del 59%. El tiempo Takt 2.184 min/kg representa una adecuada capacidad de respuesta de la cuadrilla frente a la demanda diaria, lo cual es consistente con la naturaleza repetitiva y secuencial del armado de acero en columnas.

La diferencia porcentual es del 20.33 %, esta representa que el rendimiento en campo es menor al que plantea CAPECO, debido a la complejidad en algunos elementos y las pausas operativas que son obligatorias en todos los proyectos, además el tiempo que se demora en consultas con el responsable directo de esta partida, debido a todos estos detalles es que la diferencia entre lo calculado en campo y CAPECO representa dicha diferencia.

Adicionalmente, la menor proporción de tiempo no contributivo (9%) indica una baja incidencia de interrupciones y tiempos improductivos en obra. No obstante, el 32% de trabajo contributivo evidencia la presencia de actividades de apoyo relevantes, como habilitado, traslado y posicionamiento del acero. En ese sentido, el análisis permite concluir que el proceso presenta un nivel de desempeño favorable, en el cual la participación de actividades auxiliares influye en el rendimiento global de la partida.

e. Encofrado y desencofrado normal en columnas:

La partida perteneciente a encofrado y desencofrado normal en columnas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 67

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de encofrado y desencofrado en columnas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	57	%
TC	37	%
TNC	6	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	94	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 6% de la jornada	28.8	min
Demanda diaria	12	m2/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**451.2**	min/día
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**37.60**	min/m2
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**10.88**	min/m2

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 28.8\frac{min}{día}$$

$$a = 451.20\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{451.20\frac{min}{día}}{12.00\frac{m^2}{día}}$$

$$b = 37.60\frac{min}{m^2}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{37.60\frac{min}{m^2} - 10.88\frac{min}{m^2}}{37.60\frac{min}{m^2}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 71.06\%$$

En la presente partida se evidencia uno de los mejores desempeños operativos dentro del conjunto analizado, reflejado en un índice de aprovechamiento del 94% y un bajo porcentaje de trabajo no contributivo (6%). El tiempo Takt 37.60 min/m² demuestra una alta eficiencia en la ejecución del encofrado y desencofrado en columnas, lo cual es consistente con la naturaleza repetitiva y estandarizada de esta actividad.

En la diferencia porcentual se aprecia un valor del 71.06% esto representa un rango muy alto, de este de infiere que en esta partida se trabaja de una manera más lenta, debido a la correcta precisión, al ser un elemento vertical necesita el aseguramiento correcto, el recubrimiento a lo largo de todo el elemento, así como la verticalidad correcta con la menor tolerancia entre la parte más baja y alta del elemento, y como punto clave

el material a usar debe ser correctamente asegurado para evitar abertura al momento del vaciado.

Asimismo, el equilibrio entre trabajo productivo (57%) y contributivo (37%) indica que, si bien existe una proporción importante de actividades auxiliares, como armado, alineamiento y aseguramiento de encofrados, estas se encuentran integradas dentro del flujo de trabajo sin evidenciar pérdidas significativas. En ese sentido, el resultado obtenido permite caracterizar a la partida con un adecuado nivel de organización y control operativo dentro del proyecto, donde la participación de los tiempos contributivos influye en el comportamiento de la productividad directa.

f. Concreto columnas f'c=210 kg/cm2:

La partida perteneciente al concreto destinado a ser vaciado en columnas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 68

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de concreto para columnas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	69	%
TC	21	%
TNC	10	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	90	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 10% de la jornada	48	min
Demanda diaria	15	m3/día
Rendimiento CAPECO	20	m3/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**432**	min/día
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**28.8**	min/m3
c. TAKT CAPECO		
a/Rendimiento CAPECO	**21.6**	min/m3

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 48\frac{min}{día}$$

$$a = 432\frac{min}{día}$$

Segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{432\frac{min}{día}}{15\frac{m^3}{día}}$$

$$b = 28.8\frac{min}{m^3}$$

Tercer paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con el rendimiento de CAPECO.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{432\frac{min}{día}}{20\frac{m^3}{día}}$$

$$b = 21.6\frac{min}{m^3}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{28.8\frac{min}{m^3} - 21.6\frac{min}{m^3}}{28.8\frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 25.00\%$$

En esta partida se observa un desempeño operativo adecuado, con un índice de aprovechamiento del 90% y un predominio del trabajo productivo (69%), lo cual es característico en actividades de vaciado de concreto donde el proceso, una vez iniciado, tiende a ser continuo. El tiempo Takt 28.8 min/m³ refleja una capacidad operativa

coherente con la demanda establecida, integrando tanto la eficiencia de la cuadrilla como las condiciones logísticas propias del suministro mediante mixer.

Se infiera en la diferencia porcentual que esta representa la cuarta parte del Takt obtenido en campo, lo cual hace referencia que el rendimiento es menor al que se refleja en CAPECO, debido a la precisión que se necesita en esta partida, tal como en la correcta verticalidad, amarre, y recubrimientos necesarios.

No obstante, la presencia de un 10% de trabajo no contributivo sugiere la influencia de factores externos al control directo de la cuadrilla, como tiempos de espera del equipo, coordinación en el abastecimiento o ajustes durante el proceso de colocación. En ese sentido, si bien el proceso muestra un nivel aceptable de desempeño, este porcentaje evidencia la incidencia de aspectos logísticos y de coordinación en la continuidad del flujo de trabajo en obra.

g. Acero corrugado Fy=4200 kg/cm2 en vigas:

La partida perteneciente al acero corrugado en vigas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 69

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de acero corrugado para vigas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	59	%
TC	31	%
TNC	10	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	90	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 10% de la jornada	48	min
Demanda diaria	200	kg/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**432**	min
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**2.16**	min/kg
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**1.74**	min/kg

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 48\frac{min}{día}$$

$$a = 432\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{432.00\frac{min}{día}}{200\frac{Kg}{día}}$$

$$b = 2.16\frac{min}{Kg}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{2.16\frac{min}{Kg} - 1.74\frac{min}{Kg}}{2.16\frac{min}{Kg}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 19.44\%$$

En la presente partida se observa un comportamiento operativo estable y coherente con otras actividades de habilitación de acero, reflejado en un índice de aprovechamiento del 90% y una distribución equilibrada entre trabajo productivo (59%) y contributivo (31%). El tiempo Takt 2.16 min/kg representa una capacidad de producción consistente con la demanda diaria establecida, evidenciando un proceso relativamente estandarizado en la ejecución de acero en vigas.

En la diferencia porcentual se aprecia un valor de 19.44%, lo cual representa un rendimiento mayor al que plantea CAPECO lo cual se deduce en el incremento de las pausas operativas que son obligatorias en cualquier proyecto, además el tiempo perdido en la lectura de plano o consultas con el responsable inmediato a este.

Asimismo, la similitud de estos valores con los obtenidos en partidas de acero en zapatas y columnas sugiere la existencia de un patrón operativo repetitivo, lo cual resulta favorable para fines de planificación y control, al permitir estimar rendimientos con mayor confiabilidad. No obstante, el 10% de trabajo no contributivo evidencia la presencia de interrupciones o tiempos improductivos que forman parte del comportamiento operativo del proceso, influyendo en la continuidad del flujo de trabajo en obra.

h. Encofrado y desencofrado normal en vigas:

La partida perteneciente al encofrado y desencofrado en vigas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 70

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de encofrado y desencofrado para vigas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	67	%
TC	27	%
TNC	6	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	94	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 6% de la jornada	28.8	min
Demanda diaria	10	m2/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**451.2**	min/día
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**45.12**	min/m2
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**10.88**	min/m2

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 28.8\frac{min}{día}$$

$$a = 451.2\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Ajuste\ por\ desempeño\ real}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{451.2\frac{min}{día}}{10\frac{m^2}{día}}$$

$$b = 45.12\frac{min}{m^2}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{45.12\frac{min}{m^2} - 10.88\frac{min}{m^2}}{45.12\frac{min}{m^2}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 75.89\%$$

En la presente partida se evidencia un alto nivel de eficiencia operativa, reflejado en un índice de aprovechamiento del 94% y una predominancia del trabajo productivo (67%), lo cual es característico de actividades de encofrado en elementos horizontales como vigas, donde la repetitividad y estandarización del proceso favorecen un mejor desempeño. El tiempo Takt 45.12 min/m² confirma una adecuada capacidad de respuesta de la cuadrilla frente a la demanda diaria establecida.

En la diferencia porcentual se tiene un rango muy alto que representa un 75.89%, lo cual indica que CAPECO no considera los factores de pausas en obra, además se puede añadir que esta partida necesita demasiada precisión esto debido a los recubrimientos necesarios en dicho elemento, de igual forma en el aseguramiento de este, en esta partida analizada se consideró los factores de pausas operativas que a pesar de no representar un valor tan alto, ayuda a calcular con mejor precisión dicho rendimiento.

Asimismo, el bajo porcentaje de trabajo no contributivo (6%) indica un adecuado control de interrupciones y una buena organización del frente de trabajo. La relación entre trabajo productivo y contributivo sugiere que las actividades auxiliares, como

alineamiento, fijación y ajustes de encofrado, se encuentran bien integradas dentro del flujo de trabajo sin generar pérdidas significativas.

i. Concreto vigas f'c=210 kg/cm2:

La partida perteneciente al concreto en vigas mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 71

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de concreto en vigas.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	71	%
TC	20	%
TNC	9	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	91	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	min
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 9% de la jornada	43.2	min
Demanda diaria	30	m3/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**436.8**	min
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**14.56**	min/m3
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**21.75**	min/m3

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 43.2\frac{min}{día}$$

$$a = 436.8\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{436.8 \frac{min}{día}}{30 \frac{m^3}{día}}$$

$$b = 14.56 \frac{min}{m^3}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{calculado} - Tiempo\ Takt_{ideal}}{Tiempo\ Takt_{calculado}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{21.75 \frac{min}{m^3} - 14.56 \frac{min}{m^3}}{21.75 \frac{min}{m^3}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 33.06\%$$

En la presente partida se observa un desempeño operativo eficiente, evidenciado por un índice de aprovechamiento del 91% y un alto porcentaje de trabajo productivo (71%), lo cual es característico en procesos de vaciado de concreto donde la continuidad del flujo es un factor clave. El tiempo Takt 14.56 min/m³ refleja una adecuada correspondencia entre la capacidad operativa de la cuadrilla y la demanda diaria establecida.

En la diferencia porcentual, se tiene un valor del 33.06% este valor representa la evaluación en campo es mejor en respecto a CAPECO, debido a ser una de las partidas más críticas, las pausas operativas son mínimas, además se evidencia que en esta partida el flujo de trabajo debe ser continuo para no tener un mal proceso constructivo.

Asimismo, la proporción de trabajo contributivo (20%) indica que las actividades auxiliares, como distribución, vibrado y control del concreto, se encuentran integradas dentro del proceso. Sin embargo, el 9% de trabajo no contributivo evidencia la influencia de factores externos, principalmente asociados a la logística del suministro mediante mixer, tales como tiempos de espera o coordinación en el despacho del concreto. En ese sentido, si bien el proceso presenta un nivel de desempeño adecuado, este comportamiento refleja la incidencia de la sincronización entre el suministro y la colocación en la continuidad del proceso constructivo.

j. Muro de ladrillo K.K. de Soga con mezcla 1:5:

La partida perteneciente al muro de ladrillo K.K. en distribución en soga mostró mediante un análisis in situ los siguientes valores porcentuales del trabajo productivo, trabajo contributivo y el trabajo no contributivo. Al igual que las partidas de los proyectos anteriores, se ha empleado una jornada diaria de 480 min/día y un tiempo de 45 min/día destinado a las pausas operativas que realiza el equipo de trabajo.

Tabla 72

Datos del cálculo Tiempo Takt en la partida de muro de ladrillos en soga.

Descripción	Cantidad	Unidad
TP	40	%
TC	51	%
TNC	9	%
Índice del aprovechamiento del tiempo, TP+TC	91	%
Jornada diaria de trabajo (8 h × 60 min)	480	Min/día
Pausas operativas (descanso, charlas, traslados) 9% de la jornada	43.2	Min/día
Demanda diaria	10	m2/día
Cálculo Tiempo Takt		
a. Tiempo disponible bruto		
Jornada laboral – Pausas operativas	**436.2**	min/día
b. TAKT efectivo		
a/Demanda diaria	**43.62**	min/m2
c. TAKT CAPECO		
Calculado anteriormente	**45.98**	min/m3

El cálculo del tiempo Takt en base al uso de la herramienta de Carta Balance in situ fue realizado bajo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se analizó el tiempo disponible bruto (a), siendo este la diferencia del valor de la jornada laboral diaria con las pausas operativas respectivas.

$$a = Jornada\ diaria\ de\ trabajo - pausas\ operativas$$

$$a = 480\frac{min}{día} - 43.2\frac{min}{día}$$

$$a = 436.2\frac{min}{día}$$

Como segundo paso, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$b = \frac{Tiempo\ disponible\ bruto}{Demanda\ diaria}$$

$$b = \frac{436.2 \frac{min}{día}}{10 \frac{m^2}{día}}$$

$$b = 43.62 \frac{min}{m^2}$$

Y finalmente, el tiempo Takt destinado a la partida en cuestión fue hallado con la división del ajuste de desempeño real con la diaria demanda.

$$Diferencia\ \% = \frac{Tiempo\ Takt_{ideal} - Tiempo\ Takt_{calculado}}{Tiempo\ Takt_{ideal}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = \frac{45.98 \frac{min}{m^2} - 43.62 \frac{min}{m^2}}{45.98 \frac{min}{m^2}} * 100$$

$$Diferencia\ \% = 5.13\%$$

En la presente partida se evidencia una menor eficiencia operativa en comparación con otras actividades analizadas, reflejada en un bajo porcentaje de trabajo productivo (40%) y una predominancia del trabajo contributivo (51%). El tiempo Takt 43.62 min/m² indica una mayor capacidad de producción efectiva de la cuadrilla frente a la demanda diaria establecida, lo cual es consistente con la naturaleza más artesanal y dependiente de múltiples actividades auxiliares propias de la albañilería.

La diferencia porcentual indica un 5.13% lo cual sugiere que la diferencia entre CAPECO y el real no varía tan drásticamente esto debido a ser una partida tradicional, el procedimiento constructivo se mantiene a lo largo de los años.

Asimismo, la elevada proporción de trabajo contributivo sugiere que gran parte del tiempo se destina a actividades de apoyo como preparación de mezcla, traslado de materiales, alineamiento y control del proceso constructivo, lo que evalúa la eficiencia directa de la colocación de ladrillos. Aunque el índice de aprovechamiento alcanza un 91%, el 9% de trabajo no contributivo evidencia la presencia de interrupciones que también impactan el rendimiento global.

En conjunto, estos resultados permiten caracterizar a esta partida como una de las más sensibles a la influencia de factores logísticos y de organización del trabajo, especialmente en relación con la disponibilidad de materiales, la presencia de tiempos auxiliares y la gestión del frente de trabajo. Estos aspectos inciden en la proporción de tiempo productivo y en el comportamiento general del proceso constructivo.

4.5 Comparación y validación de resultados obtenidos

En primer lugar, se evidencia una alta consistencia entre los Proyectos 1 y 2, tanto en los valores de tiempo Takt ideal como en los tiempos Takt calculados. Las diferencias porcentuales en ambos casos se mantienen en rangos relativamente bajos, principalmente entre 4.92% y 37.47%, lo cual indica que:

Los rendimientos teóricos (CAPECO) ajustados con factores de pérdida y disponibilidad logran representar adecuadamente el comportamiento real de la obra.

Existe una diferencia productiva entre proyectos, aun cuando corresponden a diferentes condiciones de ejecución.

Si se hace un análisis a nivel de partidas, se observa que aquellas que contienen Muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga M: 1:1:4, E=1.5 cm, presenta diferencias mínimas, generalmente menores al 7.73%, lo que confirma su carácter repetitivo y controlable.

Mientras que las que tienen al concreto como material predilecto, presenta variaciones moderadas (≈0.00% a 46.45%), influenciadas por factores logísticos.

En lo referente al encofrado y albañilería se muestran mayores dispersiones, alcanzando valores cercanos al 75.89% a 20.33%, lo cual es consistente con su mayor dependencia de mano de obra.

Tabla 73

Resultados de los tiempos Takt según CAPECO y los obtenidos de los tres proyectos.

	UNIDAD	CAPECO Takt ideal	OBTENIDO Takt calculado	Diferencia (%)
PROYECTO 1				
a. Excavación de zanjas para cimentación	min/m3	0.97	1.16	16.38
b. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en zapatas	min/kg	1.74	1.83	4.92
c. Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas.	min/m3	17.40	23.50	25.96
d. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en columnas.	min/kg	1.74	1.83	4.92
e. Encofrado y desencofrado en columnas.	min/m2	10.88	17.40	37.47
f. Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas.	min/m3	43.50	39.55	9.08
g. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en vigas.	min/kg	1.74	1.83	4.92
h. Encofrado y desencofrado normal en vigas.	min/m2	10.88	17.40	37.47
i. Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.	min/m3	21.75	27.19	20.01
j. Muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga M: 1:1:4, E=1.5 cm.	min/m2	45.98	49.83	7.73
PROYECTO 2				
a. Excavación de zanjas para cimientos corridos	min/m3	0.97	1.09	11.01
b. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en zapatas	min/kg	1.74	1.93	9.84
c. Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas.	min/m3	17.40	22.89	23.98
d. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en columnas.	min/kg	1.74	1.93	9.98
e. Encofrado y desencofrado en columnas.	min/m2	10.88	17.40	37.47
f. Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas.	min/m3	43.50	43.50	0.00
g. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en vigas.	min/kg	1.74	1.93	9.84
h. Encofrado y desencofrado normal en vigas.	min/m2	10.88	17.40	37.47
i. Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.	min/m3	21.75	27.19	20.01
j. Muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga M: 1:1:4, E=1.5 cm.	min/m2	45.98	44.71	2.76
PROYECTO 3				
a. Excavación de zanjas para cimientos corridos	min/m3	0.97	5.40	82.04
b. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en zapatas	min/kg	1.74	2.16	19.44
c. Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas.	min/m3	17.40	32.49	46.45
d. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en columnas.	min/kg	1.74	2.18	20.33
e. Encofrado y desencofrado en columnas.	min/m2	10.88	37.60	71.06
f. Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas.	min/m3	21.60	28.80	25.00
g. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en vigas.	min/kg	1.74	2.16	19.44
h. Encofrado y desencofrado normal en vigas.	min/m2	10.88	45.12	75.89
i. Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.	min/m3	21.75	14.56	33.06
j. Muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga M: 1:1:4, E=1.5 cm.	min/m2	45.98	43.62	5.13

En conjunto, estos resultados validan que el enfoque metodológico empleado en los Proyectos 1 y 2 es robusto para planificación, ya que las desviaciones respecto al ideal son menores.

Se tuvo como objeto de estudio un objeto cuya naturaleza residía en etapa de ejecución todavía. Al incorporar el proyecto 3 en el análisis se observó una tendencia clara, los tiempos Takt efectivos son sistemáticamente mayores que los valores calculados en los proyectos 1 y 2.

Este comportamiento de los resultados se puede evidenciar cuantitativamente en varias partidas. Centrándonos a partir de aquí en el comportamiento de los resultados del proyecto 3 respecto a los proyectos 1 y 2.

Se toma como caso representativo a la Excavación (Partida "a") se tienen los tiempos Takt:

- Proyecto 1: 1.16 min/m3
- Proyecto 2: 1.09 min/m3
- Proyecto 3: 5.40 min/m3

Esto representa un incremento aproximado de un 78.52% respecto al proyecto 1, y un 79.81% respecto al proyecto 2.

Esto evidencia que la actividad destinada a la excavación, al ser una actividad dependiente de las condiciones del terreno, logística de maquinaría y coordinación, presenta un Takt-time muy alto en comparación a los modelos teóricos.

Si se tomase como caso representativo el Concreto en columnas (Partida "f) se tienen los tiempos Takt:

- Proyecto 1: 39.55 min/m3
- Proyecto 2: 43.50 min/m3
- Proyecto 3: 28.80 min/m3

Observándose de esta forma un incremento aproximado del 27.18% respecto al proyecto 2 y 33.79% respecto al proyecto, se puede deducir que en campo se tiene una mejora en esta partida.

Confirmando que la influencia de factores como tiempos de espera del mixer, coordinación del vaciado e interferencias de actividades poseen una relevancia de consideración en el análisis.

Por otra parte, si se tomase como partida representativa a los Muros de ladrillo (partida "j") se tienen los tiempos Takt:

- Proyecto 1: 39.55 min/m3

- Proyecto 2: 43.50 min/m3
- Proyecto 3: 43.62 min/m3

Observándose de esta forma un incremento aproximado del 9.33% respecto al proyecto 1 y 0.28% respecto al proyecto 2, se puede deducir que en campo se tiene una productividad cercana a la de CAPECO.

Principalmente se puede aseverar que el incremento sistemático observado en el proyecto 3 responde a una diferencia fundamental en la metodología, siendo que tanto el proyecto 1 como el 2 poseen las siguientes características

- Basados en rendimientos teóricos de CAPECO.
- Están ajustados con factores globales (45 min de tiempo en perdidas)
- Representan condiciones ideales ajustadas y controladas.

Por otra parte, el proyecto 3 al ser realizado in situ, obteniendo sus datos gracias al uso de las cartas balance, posee las siguientes características que lo diferencia de los dos primeros proyectos:

- Incorpora explícitamente los datos de Trabajo Contributivo, Trabajado no contributivo; mediante observación directa de la actividad.
- Se consideran las interferencias reales y el impacto que tienen mediante el proceso de control.
- Se observa la variabilidad operativa in situ y escenarios de avance favorable y retrasos no considerados.

De esta forma, las tendencias globales por partidas son las siguientes al englobar al acero, concreto, encofrados y albañilerías; mediante un análisis transversal se puede observar que:

Para las partidas de acero en su tiempo Takt, teniendo diferencias menores al 20.33%; por lo que se posee una confiabilidad moderada en la planificación mediante un análisis tanto teórico como uno práctico (in situ).

Para las partidas se tiene una variabilidad superior al 10%, por lo que sí es relevante tener un mejor control logístico de dichas partidas.

Mientras que, para las partidas de encofrados, hacen alusión a una diferencia de 75.89% entre los resultados reales con los obtenidos en el terreno representan la mayor diferencia por lo que se debe ser cuidadoso y estricto con la cuadrilla, los factores como el desempeño de la cuadrilla son aspectos críticos a considerar durante la elaboración de las partidas de este tipo.

Finalmente, en las partidas referentes a albañilería, se observa una menor variabilidad en comparación a las anteriormente mencionadas encontrando un máximo de 7.73%. Por lo que, al ser una actividad crítica, los aspectos de productividad deben ser regularmente controlados; y tiene a distar mucho el resultado real con el cálculo teórico, debido a la diversidad de factores.

Adicional a las comparaciones de proyectos ya culminados, se realizará la comparación con un proyecto del estado del arte, que será presentado en este apartado.

Figura 109

Instalación de encofrados "mercado temático turístico (mercado público/comercial)".



Fuente: Alaghbari et al. (2019)

Figura 110

Acero de reforzamiento "mercado temático turístico (mercado público/comercial)"



Fuente: Alaghbari et al. (2019)

Figura 111

Vaciado de concreto "mercado temático turístico (mercado público/comercial)"



Fuente: Alaghbari et al. (2019)

Tabla 74

Resultados de los tiempos Takt calculados y Takt según antecedentes.

	UNIDAD	ANTECEDENTE	EXPEDIENTE/CAMPO	Diferencia (%)
		Takt Autor	Takt calculado	
PROYECTO 3				
d. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en columnas.	min/kg	2.13	2.18	2.47
e. Encofrado y desencofrado en columnas.	min/m2	40.85	37.60	7.96
f. Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas.	min/m3	54.65	28.80	47.30
g. Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en vigas.	min/kg	1.24	2.16	42.59
h. Encofrado y desencofrado normal en vigas.	min/m2	9.28	45.12	79.43
i. Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.	min/m3	17.19	14.56	15.30

La siguiente tabla presenta la comparación de Takt obtenido vs el Takt de uno de los autores, a continuación, se detallará la explicación de la variación porcentual. El proyecto analizado del autor es "Un mercado temático turístico (mercado público/comercial)", ubicado en la ciudad de Ubud, provincia de Bali, país Indonesia.

En la partida de "Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en columnas", se tiene una diferencia porcentual de 2.47%, lo cual evidencia que nuestra cuadrilla del proyecto 3 tiene un ligero mejor Takt frente al autor, esto se debe al ser una partida clásica que no requiere de materiales o instrumentos altamente tecnológicos, recae en la experiencia propia del operario.

En la partida de "Encofrado y desencofrado en columnas", se tiene una diferencia porcentual de 7.96%, lo cual evidencia que el autor tiene un ligero mejor Takt frente a nuestra cuadrilla del proyecto 3, la variación es mínima, debido al ser un elemento vertical la facilidad es mejor frente a otros elementos estructurales, en el proyecto del autor se ve un aseguramiento tradicional lo que evidencia una cuadrilla experimentada en este procedimiento, en el proyecto 3 se tiene encofrado con fenólico lo cual representa un mejor acabado por tanto mayor aseguramiento y un cuidadoso procedimiento constructivo.

En la partida de "Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas", se tiene una diferencia porcentual de 47.30%, lo cual evidencia que el autor tiene una mejor productividad frente a nuestra cuadrilla del proyecto 3, el motivo son las secciones de las columnas, son menores y de menor altura, por tanto la facilidad es mucho mayor frente a las columnas del proyecto 3, al ser secciones más grandes y de mayor altura necesitan verificar vibrado,

vaciado uniforme para prevenir segregamiento, en conclusión la productividad del vaciado en el proyecto del autor es mejor frente a la del proyecto 3.

En la partida de "Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2 en vigas", se tiene una diferencia porcentual de 42.59%, lo cual evidencia que nuestra cuadrilla en el proyecto 3 presenta mejores rendimientos, debido al ser una cuadrilla más numerosa contando con 1 operario, 2 oficiales y dos peones, frente a la cuadrilla del autor que se evidencian 3 trabajadores que no se detalla el rango, debido a ello se tiene una mejor Takt en el proyecto 3, además las plantas son típicas por tal motivo el habilitado y corte se hace de forma repetitiva.

En la partida de "Encofrado y desencofrado en vigas", se tiene una diferencia porcentual de 79.43%, lo cual evidencia que nuestra cuadrilla en el proyecto 3 tiene una mejor productividad por mucho frente al autor, esto se debe a los materiales usados en esta partida, en el proyecto del autor se aprecia el uso de madera contrachapada, un material artesanal, en este se debe asegurar cuidadosamente con barrotes, listones y otros para evitar la curvatura durante el vaciado de concreto, al ser un procedimiento tradicional la productividad es menor, en cambio en el proyecto 3 el material usado son fenólicos los cuales presentan mayores secciones y es mucho más fácil de asegurar, de esta forma nuestra productividad se refleja con un Takt mucho mayor frente al autor. .

En la partida de "Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas", se tiene una diferencia porcentual de 15.30%, lo cual evidencia que el autor tiene una regular productividad frente a la cuadrilla del proyecto 3, al ser un solo modulo el volumen de concreto se realizó para todos los elementos horizontales incluido las gradas, por esta razón el Takt en el proyecto del autor es mucho mayor.

4.6 Discusión de los resultados

4.6.1 Discusión de los resultados de las encuestas bajo metodología Delphi

Los resultados obtenidos a partir de la metodología Delphi permitieron observar los diferentes aspectos que repercuten en el avance de los proyectos educativos, y como estos influyen directamente de forma negativa, siendo aspectos dónde se reveló que las preguntas relacionadas a saber si: una evaluación destinadas a conocer el trabajo contributivo, cuantificación de actividades contributivas dentro de la jornada laboral o medición del trabajo productivo del personal dentro de obra, eran medidos; la respuesta de todos estos campos superó el 40% en aseverar que no se realizan dichas mediciones a los equipos de trabajo por parte de los encargados del proyecto.

La presente investigación logró validar, mediante la Metodología Delphi, una propuesta de integración metodológica basada en Takt-Time y Carta Balance. El proceso, que contó con la participación de 15 expertos, alcanzó niveles de confiabilidad estadísticamente sólidos, con un Alfa de Cronbach de 0.87 en la primera ronda y 0.70 en la segunda. Estos resultados refuerzan lo planteado por Maceika et al. (2024), quienes destacan que el método Delphi es una herramienta robusta para sintetizar juicios individuales y alcanzar consensos en entornos complejos de construcción.

Para la dimensión enfocada en el Takt-Time y la sincronización de flujo de trabajo se obtuvo que: en relación con la eficiencia del ritmo de trabajo, el 93% de los expertos coincidió en que la implementación de un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución técnica para ajustar el ritmo diario de obra al Takt definido. Este hallazgo se alinea con lo expuesto por Kozlovská y Klosova (2022), quienes sostienen que el Takt-Time ayuda a establecer un flujo constante, reduciendo drásticamente el desperdicio y la necesidad de inventarios intermedios.

Asimismo, se alcanzó un 100% de consenso respecto a la redistribución de cuadrillas como estrategia operativa para equilibrar el flujo de trabajo. Esta validación del panel coincide con los resultados de Lehtovaara et al. (2022a), cuyo estudio demostró que la toma de decisiones que involucra a los equipos de sitio y el ajuste de recursos permite ahorros de hasta un 23% en la duración de la fase de producción. Por otro lado, la alta aprobación (93%) sobre la efectividad de la sincronización de actividades para eliminar interrupciones respalda la tesis de Tommelein y Emdanat (2022), quienes definen al Takt como un marco que permite "bajar el nivel del agua para revelar las rocas", identificando cuellos de botella antes de que afecten la ejecución.

Para la dimensión de la Carta Balance y la evaluación de la productividad se obtuvo que: El factor logístico emergió como un punto crítico. Ante la falta de materiales identificada en la primera ronda (46.7%), el 80% de los expertos validó la integración de un inventario "Just-in-Time" como medida de mitigación. Esta necesidad de precisión logística es corroborada por Toledo et al. (2025), quienes argumentan que para evaluar recursos se requiere una distinción clara entre trabajo productivo, contributivo y no contributivo, apoyada por tecnologías que reduzcan la subjetividad en la medición.

Además, el consenso del 73% sobre la obligatoriedad de un programa de formación técnica previo al uso de la Carta Balance refuerza la idea de que la capacitación es el mayor desafío para evaluar el trabajo no contributivo en campo. Este enfoque en la

mejora de las competencias del personal es una recomendación recurrente en la literatura Lean para asegurar la sostenibilidad de las mejoras de productividad.

En la dimensión de gestión de riesgos y el control diario, se obtuvo que: La estandarización fue validada como un pilar fundamental, alcanzando un 100% de consenso sobre el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos". Este resultado encuentra un precedente directo en el trabajo de Lehtovaara et al. (2022b), quienes aplican el análisis FMEA para categorizar fallas en los "vagones" y "traspasos" de la programación rítmica, proporcionando un camino sistemático para el aprendizaje organizacional.

Sobre el monitoreo, el 73% de los expertos acordó que un control estrictamente diario asegura el éxito de la integración. Este hallazgo es consistente con la investigación de Wandahl et al. (2023), que demuestra que las reuniones diarias (Daily Huddles) de corta duración tienen un efecto positivo directo en la productividad de la cuadrilla, elevando los niveles de Trabajo Directo al alinear al equipo y resolver problemas de forma proactiva cada mañana.

En lo que respecta finalmente a la viabilidad de la integración metodológica se observó que: la integración de las tres herramientas fue validada por el 86% de los expertos como un método superior a los sistemas aislados actuales. La meta de evaluar en un 50% el tiempo no productivo, estimado inicialmente entre 10 a 20 minutos por hora, obtuvo un contundente 100% de consenso.

Para asegurar el cumplimiento de los plazos, el panel estableció un orden lógico de implementación: 1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance (87% de aprobación total). Esta secuencia estratégica confirma que la gestión de riesgos identificado gracias al método Delphi debe ser el cimiento de la planificación, seguida por el establecimiento de un ritmo de producción (Takt), para finalizar con el control detallado de la eficiencia en campo (Carta Balance), creando así un sistema holístico que responde a las demandas de industrialización y digitalización de la construcción moderna.

La validación de datos se obtiene en la segunda ronda debido a la falta de conocimiento de nuevas metodologías como lo son Takt–time y Carta Balance, se puede apreciar que los expertos tienen conocimiento de estas, solo de forma teórica mas no como ponerla en práctica. Esto implica a establecer en cada proyecto estas herramientas de forma obligatoria, al terminar las rondas de preguntas se puede obtener los factores que afectan la productividad laboral, una vez identificado estos se pueden tomar acciones para prevenir y evitarlas.

4.6.2 Discusión de resultados tras la aplicación de cartas balance:

Durante la aplicación de la Carta Balance, se tomaron 10 partidas, enfocadas estas principalmente en aquellas que componen en su mayoría la etapa de caso gris, siendo estas: excavaciones, columnas, vigas, muros de ladrillo. Partiendo de la base que dentro de cada una de estas partidas se realizan actividades relacionadas a la habilitación de aceros, encofrado y vaciado de concreto, se repitió la elección para los 03 proyectos seleccionados.

Dentro del proyecto I.E. Las Flores, se aplicó la integración de la herramienta de Carta Balance in situ, puesto que esta obra se encontraba todavía en etapa de ejecución. Se observó mediante la aplicabilidad en el sitio que, el trabajo productivo en ninguna de las partidas descendía del 30%, mientras que el trabajo contributivo, siendo este aportado por los peones en mayor medida, tuvo un rango entre 6% a 87%.

El trabajo productivo en las partidas de armado de acero se vio optimo debido a la presencia del personal del equipo técnico, en las partidas de encofrado y desencofrado se vio una mejora por la experiencia del operario, finalmente en las partidas de concreto se vio ciertas diferencias debido al tema netamente logístico, en el trabajo contributivo, se vio rangos de diferencia muy alto esto se debió porque las cuadrillas de acero y carpintería contaban con ayudantes.

4.6.3 Discusión de resultados tras la aplicación de Takt-Time:

En lo que respecta a la aplicación de los tiempos Takt, estos fueron implementados en cada uno de los 03 proyectos. Se planteó el cálculo de un Takt ideal y uno más realista, el Takt con valores más cercanos a la realidad tuvo valores menores al Takt ideal, puesto que en estos casos se consideraron aspectos como la disponibilidad efectiva de la cuadrilla y factor de pérdidas, siendo valores de 85% y 5% respectivamente. La diferencia entre ambos tipos de Takt obtenidos se obtuvo un 82.04%, este representa a la mayor diferencia porcentual demostrando que los datos brindados por CAPECO (2023) no son viables de usar en la partida de “Excavación de zanjas para cimientos corridos”, en caso se desee una aproximación a un valor más realista al proyecto deseado, se deberán considerar factores como los mencionados previamente: Disponibilidad de la cuadrilla, factores de pérdida y tipo de terreno.

A partir de los resultados obtenidos en los tres proyectos analizados, se ejecutó una comparación de los tiempos Takt correspondientes a distintas partidas constructivas, considerando dos enfoques metodológicos diferenciados: por un lado, los Proyectos 1 y

2, basados en rendimientos teóricos ajustados (CAPECO), y por otro, el Proyecto 3, basado en medición directa mediante la herramienta de Carta Balance.

En primer lugar, se evidencia una alta consistencia entre los Proyectos 1 y 2, los cuales presentan valores de tiempo Takt ideal y calculado con diferencias porcentuales relativamente bajas, comprendidas en un rango aproximado de 0.00% a 37.47%. Este comportamiento indica que los rendimientos teóricos, al ser ajustados mediante factores de pausas operativas (45min), logran representar de manera adecuada las condiciones de ejecución en obra. Asimismo, la similitud entre ambos proyectos permite inferir que existe una regular estabilidad en los niveles de productividad, lo cual valida la aplicabilidad del modelo para fines de planificación.

Al analizar por tipo de partida, se observa que las actividades relacionadas con "Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas", presentan la menor variación entre el tiempo Takt ideal y el calculado, debido a ser este el mismo valor del rendimiento en su expediente y CAPECO, en adición a ello esta partida responde a un rendimiento optimo, lo que responde a su carácter repetitivo, estandarizado y con menor interferencia operativa. Por otro lado, las partidas de acero presentan variaciones moderadas, debido a su dependencia de factores logísticos como el suministro, transporte, proceso de corte y habilitado. En el caso de encofrados y albañilería, se identifican mayores diferencias relativas, alcanzando valores cercanos al 2.76% – 37.47%, lo cual es consistente con su alta dependencia de la mano de obra y la variabilidad inherente a su ejecución.

Sin embargo, al incorporar el Proyecto 3 (en ejecución) en el análisis comparativo, se identifica una tendencia clara: los tiempos Takt obtenidos mediante Carta Balance son sistemáticamente mayores que los valores calculados en los Proyectos 1 y 2. Esta diferencia se manifiesta de manera significativa en diversas partidas.

Por ejemplo, en la partida de excavación para cimentaciones, los valores obtenidos son de 1.16 min/m³ y 1.09 min/m³ para los Proyectos 1 y 2 respectivamente, mientras que el Proyecto 3 presenta un valor de 5.40 min/m³, lo que representa un incremento aproximado del 78.52% al 79.81% evidenciando así una variación muy alta. Este comportamiento evidencia que las condiciones reales de ejecución son muy críticas, como la variabilidad del terreno, la eficiencia del equipo y las interferencias operativas, generan tiempos adicionales no considerados completamente en los modelos teóricos.

De manera similar, en la partida de concreto en columnas, se registran valores de 39.55 min/m³ y 43.50 min/m³ en los proyectos ejecutados, frente a 28.80 min/m³ en el proyecto en ejecución, reflejando una mejora representativa entre el 27.18% y 33.79%.

En la partida de muros de ladrillo, el incremento es el más cercano a CAPECO, pasando de valores de 49.83 min/m² y 44.71 min/m², frente a 43.62 min/m, lo que representa un 12.46% y 2.44% de incremento.

Estas diferencias se explican fundamentalmente por la metodología empleada en el Proyecto 3, la cual incorpora de manera explícita los tiempos no contributivos (TNC), así como las condiciones reales de operación en obra, tales como tiempos de espera, interferencias entre cuadrillas, limitaciones de acceso y variabilidad en el desempeño de los trabajadores. En contraste, los Proyectos 1 y 2 emplean factores de ajuste generalizados que, si bien son útiles para planificación, no capturan completamente la complejidad del entorno real.

Desde un enfoque global, se identifican las siguientes tendencias:

- Las partidas de "Muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga" presentan una alta estabilidad, con diferencias menores al 7.73% entre enfoques.
- Las partidas de concreto presentan variaciones moderadas, influenciadas por factores logísticos.
- Las partidas de "Encofrado y desencofrado" muestran alta variabilidad encontrándose la mayor con 75.89% al desempeño de la cuadrilla.
- Las partidas de "Excavación de zanjas para cimientos corridos" presentan las mayores con 82.04%, evidenciando su carácter crítico y estricto donde se deben considerar el tipo de suelo, disponibilidad efectiva del equipo y las pausas operativas.

En conjunto, los resultados permiten afirmar que los modelos basados en rendimientos teóricos proporcionan una base confiable para la planificación, pero tienden a subestimar los tiempos reales de ejecución, especialmente en partidas con alta variabilidad operativa.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Como resultado del proceso de investigación bajo la metodología Delphi, se concluye que la propuesta de integración de Takt-Time y Carta Balance es una solución válida y altamente efectiva para evaluar la productividad en la construcción. El estudio alcanzó una solidez estadística significativa, respaldada por un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.87 en la fase exploratoria y de 0.70 en la fase de validación, garantizando la consistencia de los juicios emitidos por el panel de 15 expertos. Se logró un consenso de hasta el 100% en estrategias operativas clave, como la redistribución de cuadrillas para equilibrar el flujo de trabajo y la estandarización mediante un "Catálogo de Riesgos Críticos", lo que sugiere que la digitalización y la gestión preventiva son aspectos valorados por los expertos para atender la variabilidad en obra. Asimismo, el panel alcanzó consenso respecto de una meta de reducción del tiempo no productivo del 50%, priorizando, dentro del proceso de aplicación, la gestión de riesgos como una dimensión y parte del método Delphi en la etapa preventiva previa al establecimiento del ritmo de producción mediante Takt-Time y al control de eficiencia en campo mediante la Carta Balance.
- El uso de las cartas balance fue aplicado en el proyecto perteneciente a la I.E. Las Flores; se aprovechó el estado de ejecución de la obra en el momento que se realizaba el presente estudio; para ello se consideraron partidas que radican en mayor medida a la etapa de casco gris del proyecto. Observando de esta forma los trabajos contributivos, productivos y no contributivos, denotando en el proceso la parte productiva compuesta principalmente por operarios y oficiales, esta tuvo mayor porcentaje en comparación a los valores que arrojó la parte contributiva compuesta esencialmente por peones. El cálculo de Takt-Time mostró un ritmo de trabajo más realista al calculado solamente empleando rendimiento de la lista brindada por CAPECO, siendo que para planificar y brindar mejores propuestas de solución que requieran especificaciones más técnicas, lo correcto es hacer uso de aquellos factores como lo son la disponibilidad de trabajo de la cuadrilla y los factores de pausas operativas. El uso de los resultados de un Takt-Time calculado o realista, garantiza que su uso exclusivo genere rendimientos más precisos en la planificación y control de la obra; siendo que, según lo observado, los valores tienen diferencias porcentuales considerables entre los dos tipos de tiempo Takt

calculados. En el capítulo de los resultados se hace alusión como el manejo de datos y la confiabilidad de estos debe ser prioridad en caso se extraigan los datos del proyecto en etapas intermedias del ciclo de vida; por lo que la aplicación de método Delphi refuerza la recolección de opiniones por parte de los expertos seleccionados y el uso de Carta Balance y Takt-time, sirven como filtros para observar la realidad de los proyectos y tener con ello un mejor control y gestión de los mimos. Se determinó que los tiempos Takt calculados en los Proyectos 1 y 2 presentan diferencias porcentuales menores al 37.47% respecto a los tiempos Takt ideales, lo que evidencia una moderada variación entre los rendimientos teóricos y las condiciones de ejecución ajustadas, lo que respalda su utilidad referencial como herramienta de planificación dentro del alcance descriptivo-comparativo de este estudio.

- Se comprobó que el uso de la Carta Balance en el Proyecto 3 permite obtener tiempos Takt más representativos de la realidad de obra, al incorporar de manera explícita los tiempos no contributivos y las condiciones operativas reales; junto a lo mencionado, se identificó que los tiempos Takt obtenidos en el Proyecto 3 son entre 5.13% y 82.04% mayores que los calculados en los Proyectos 1 y 2, evidenciando que los modelos teóricos tienden a subestimar la duración real de las actividades. Se determinó que las partidas de "muro de ladrillo K.K. Tipo IV Soga" presentan menor variabilidad y mayor estabilidad en sus tiempos Takt, mientras que las partidas de excavación, concreto, encofrado y acero presentan mayores desviaciones, asociadas a su dependencia de factores logísticos y de mano de obra. Asimismo, se observa que la aplicación exclusiva de rendimientos teóricos no resulta suficiente para una planificación precisa, siendo necesario complementarlos con herramientas de medición directa como la Carta Balance, a fin de obtener estimaciones más representativas de las condiciones reales de ejecución, no basta con tomar en consideración expedientes similares o rendimientos teóricos; lo que corresponde es obtener un rendimiento real que tome en cuenta la experiencia, la edad y la ubicación geográfica. En este contexto, la integración de ambos enfoques metodológicos (teórico y empírico) permite una mejor aproximación a la realidad operativa del proyecto, facilitando el análisis de las desviaciones en plazo y el comportamiento de la productividad en obra.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda ejecutar la integración metodológica siguiendo el orden lógico validado por el panel: primero las encuestas tipo Likert validada por el método Delphi como base preventiva, seguido del Takt-Time para marcar el ritmo y, finalmente, la Carta Balance para el control de eficiencia.
- Se recomienda establecer programas de formación técnica obligatorios para los trabajadores de campo antes de implementar la Carta Balance, garantizando que comprendan la medición para evaluar efectivamente el trabajo no contributivo.
- Se recomienda tener mayor énfasis en la participación descentralizada: Fomentar la involucración de los líderes de cuadrilla y trabajadores de primera línea en el proceso de planificación, permitiendo que su conocimiento práctico optimice la redistribución de recursos y el equilibrio del flujo
- Cultura de Control Diario: Institucionalizar reuniones diarias de alineación (Daily Huddles) y un monitoreo de riesgos de frecuencia estrictamente diaria para resolver interferencias de manera inmediata y evitar retrasos en cadena.
- Se recomienda incorporar el análisis de cartas balance en etapas tempranas del proyecto, y no solo para partidas de alta relevancia como lo son aquellas pertenecientes al caso gris, pues un mayor seguimiento de la obra ayudará a tener un mayor control sobre la misma.
- En futuras investigaciones se recomienda ampliar el número de partidas evaluadas, garantizando así un mayor abanico en lo que respecta al banco de datos, para así poder conocer y reforzar de forma iterativa con experiencias previas los rendimientos y demandas más acordes según el tipo de proyecto evaluado.
- Se sugiere incorporar, en la etapa de planificación de obra, factores de ajuste más específicos en lugar de valores generalizados, considerando las características propias del proyecto, tales como tipo de obra, ubicación, complejidad constructiva y nivel de especialización de la mano de obra.
- Se sugiere prestar especial atención a las partidas que presentan mayor variabilidad, como las de concreto, encofrado y albañilería, implementando estrategias de mejora continua que permitan evaluar su desempeño, tales como la mejora en la logística de suministro, la capacitación de cuadrillas y la estandarización de procesos constructivos.

- Se recomienda implementar el uso sistemático de herramientas de gestión de la producción, como el Takt-Time y la Carta Balance, durante la ejecución de la obra, con el objetivo de monitorear el desempeño en tiempo real y tomar decisiones correctivas oportunas.
- Se sugiere integrar el enfoque de planificación basado en Takt-Time con metodologías de gestión como Lean Construction, a fin de mejorar la sincronización de actividades, evaluar tiempos improductivos y evaluar el flujo de trabajo en obra.
- Se recomienda a las empresas inmobiliarias, constructoras, residentes y supervisores el uso de la Carta Balance, medición de tiempos con el Takt–time y las capacitaciones constantes de esta forma, medir la productividad real en campo de la mano de obra.
- Se sugiere para futuras investigaciones, validar con esta metodología en diferentes regiones con otras condiciones climáticas, incluir más proyectos y diferentes tipologías de especialidades.
- Se recomienda estudiar la relación de clima, altitud y experiencia, de esta forma, medir la influencia en la productividad laboral, de igual forma automatizar el registro de la Carta Balance con nuevas tecnologías.
- Se recomienda, establecer rangos de referencia de productividad específicamente para Arequipa, para así evaluar el impacto económico en la implementación de esta metodología.

Referencias Bibliográficas

Acevedo Espinal, H., y Aroni Alvarez, M. N. (2021). *Productividad en la construcción evaluado mediante técnicas colaborativas en una edificación hospitalaria.* [Tesis de Grado, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11466/2/IV_FIN_10%e2%80%8b5%e2%80%8b_TE_Acevedo_Aroni_2021.pdf

Alaghbari, W., Al-Sakkaf, A., y Basilea, S. (2019). Factors affecting construction labour productivity in Yemen. *International Journal of Construction Management*. https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1382091

Ayodele, O. A., Chang-Richards, A., y Gonzales, V. A. (2019). Factors Affecting Workforce Turnover in the Construction Sector: A Systematic Review. *Journal of Construction Engineering and Management*. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001725

BCRP. (2022). *El sector construcción aumentó 4,2% en octubre* [Nota informativa]. https://www.bcrp.gob.pe/docs/Transparencia/Notas-Informativas/2022/nota-informativa-2022-12-26.pdf

Buendia Panche, J. C. (2023). *Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Micaela Bastidas]. https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1482

Calik, I., Koc, K., y Sahin, O. (2025). Life cycle risk management for improving labor productivity in construction projects in Türkiye. *Buildings*. https://doi.org/10.3390/buildings15030484

CAPECO. (2023). *Construcción vive incertidumbre en lo inmediato y enfrenta grandes desafíos en el largo plazo*. https://capeco.org/capeco-construccion-vive-incertidumbre-en-lo-inmediato-y-enfrenta-grandes-desafios-en-el-largo-plazo/

Collado-Romero, A. (2021). Essentials elements to elaborate a study with the Delphi method. *Enfermería Intensiva (English ed.)*. https://doi.org/10.1016/j.enfie.2020.09.003

Congreso de la República. (2025). *Nueva Ley de Contrataciones del Estado*. https://www.onpe.gob.pe/modTransparencia/programa-inversiones/normas/TUO-LEY-DE-CONTRATACIONES-ESTADO.pdf

Contraloría General de la República. (2025). *Informe de obras públicas paralizadas en el territorio nacional a marzo 2025*. https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones/6792710-informe-de-obras-paralizadas-en-el-territorio-nacional-a-marzo-2025

Elias Quispe, M. M. (2020). *Propuesta de diseño para optimizar la productividad* [Tesis, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12743/2/IV_FIN_108_TE_Elias_Quispe_2020.pdf

Fernandez Ramos, J. (2021). *Estudio de la productividad de la mano de obra en edificaciones en la ciudad de Chiclayo* [Tesis, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4227

Flores Mendoza, E. J., y Ramos Cornejo, M. E. (2018). *Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa* [Tesis, Universidad Nacional de San Agustín]. https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/44dd8785-a058-4c87-9a3c-b4112b537cc8/content

Gil Ramirez, O. A., y Ramos Cabanillas, J. D. (2023). *Aplicación de la guía PMBOK para el análisis de riesgos en la obra* [Tesis, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/11298/REP_OSCAR.GIL_JOSE.CABANILLAS_ANALISIS.DE.RIESGOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Gomez Cabrera, A., y Morales Bocanegra, D. C. (2016). Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra. *Inge CUC, 12*(1). https://doi.org/10.17981/ingecuc.12.1.2016.02

Gomez Diaz, K. A., y Espinosa Ariza, M. E. (2023). *Análisis de la variabilidad de la reserva de contingencias en la gestión de riesgos de edificaciones institucionales bajo la guía del PMBOK a partir de un grado de confiabilidad estadística* [Tesis, Universidad Católica de Colombia]. https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/193199c4-3068-4f4a-805a-0a3db4a65807/content

Gonzáles, J., y Aspeé, J. (2021). Propuesta de estimador de la fiabilidad mediante Alfa-Game. *Revista Iberoamericana de Psicología*. https://doi.org/10.33881/2027-1786.rip.14101

Hashiguchi, N., Sengoku, S., Kubota, Y., Kitahara, S., Lim, Y., y Kodama, K. (2020). Age-dependent influence of intrinsic and extrinsic motivations on construction

worker performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(1). https://doi.org/10.3390/ijerph18010111

Hasson, F., Keeney, S., y McKenna, H. (2000). Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of Advanced Nursing, 32*(4), 1008–1015. https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2000.t01-1-01567.x

Hernández Matias, J. C., y Vizán Idoipe, A. (2016). *Lean manufacturing*. Fundación EOI. https://www.todostuslibros.com/libros/lean-manufacturing_978-84-15061-40-3

Huamán, A. C. (2022). *Rendimiento de la mano de obra en las partidas de encofrado, acero y concreto en columnas, vigas y losas aligeradas en tiempos de pandemia caso: Proyecto de mejoramiento de los servicios educativos en la I.E.S Juan Antonio Trelles de Huancarama-Andahuaylas* [Tesis, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1193

Jian, F., Guo, Q., Liu, Q., Feng, C., y Liu, J. (2024). Assessing the impact of climate comfort on labor productivity in hydropower engineering construction in Southwest China. *Buildings*. https://doi.org/10.3390/buildings14082398

Karatas, I., y Budak, A. (2023). Investigating the impact of lean-BIM synergy on labor productivity in the construction execution phase. *Journal of Engineering Research*. https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.10.021

Konstantinou, E., y Brilakis, I. (2020). Monitoring construction labour productivity by way of a smart technology approach. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Smart Infrastructure and Construction*. https://doi.org/10.1680/jsmic.20.00014

Kozlovská, M., y Klosova, D. (2022). Influence of takt time planning on construction efficiency. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1252/1/012044

Lázaro Honisman, H. O., y Valenzuela Huaynillo, N. S. (2019). *Índices de productividad de la mano de obra con la aplicación de la Carta Balance en ocho obras viales de Lima Metropolitana* [Tesis, Universidad de San Martín de Porres]. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6199/l%C3%A1zaro_hho-valenzuela_hns.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Lappalainen, E., y Uusitalo, P. (2022a). Combining decentralized decision-making and takt production in construction planning and control to increase production flow. *Frontiers in Built Environment*. https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.893790

Lehtovaara, J., Tommelein, I. D., y Seppanen, O. (2022b). How a takt plan can fail: Applying failure modes and effects analysis in takt control. *Proceedings of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. https://doi.org/10.24928/2022/0182

Leon Riojas, G. G. (2021). *Gestión de riesgos aplicando el PMBOK en un proyecto* [Tesis, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3734/1/TL_LeonRiojasGianellyGoretty.pdf

Linstone, H. A., y Turoff, M. (2002). *The Delphi Method: Techniques and Applications en* Addison-Wesley Publishing Company. https://www.researchgate.net/publication/272177922_The_Delphi_Method

Maceika, A., Bugajev, A., y Sostak, O. R. (2024). Evaluating Modular House Construction Projects: A Delphi Method Enhanced by Conversational AI. *Buildings*. https://doi.org/10.3390/buildings14061696

Mahamid, I. (2020). Study of relationship between rework and labor productivity in Building Construction Projects. *Revista de la Construcción*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2020000100030&lang=es

Manoharan, K., Dissanayake, P., Pathirana, C., Deegahawature, D., y Silva, R. (2023). Assessment of critical factors influencing the performance of labour in Sri Lankan construction industry. *International Journal of construction management*. https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1854042

Medianero Burga, E. D. (2016). *Productividad total.* Empresa editora Macro E.I.R.L. https://isbn.bnp.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=80403

Misnan, M. K., Ullah, M., Waris, M., Sorooshian, S., y Panda, S. (2022). Imperativeness and Implications of Modern Work Practices on Employee Performance in Malaysian Construction Industry. *Revista Universidad y Sociedad*. https://gup.ub.gu.se/publication/323132

Okoli, C., y Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi Method as a Research Tool: An Example, Design Considerations and Applications. http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002

ONU. (2022). Objetivo 12—Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: un requisito esencial para el desarrollo sostenible. https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-12-garantizar-modalidades-de-consumo-y-produccion-sostenibles-un-requisito-esencial-para-el

Project Management Institute. (2025). *PMBOK® Guide.* PMI Standard. https://www.pmi.org/standards/pmbok

Qi, K., Owusu, E. K., Chan, A. P. C., y Fung, F. S. M. (2024). A systematic review of construction labor productivity studies: Clustering and analysis through hierarchical latent dirichlet allocation. *Ain Shams Engineering Journal*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447924002715

Revista Costos. (2025). Suplemento técnico. Setiembre - 2025. *Costos - Revista especializada para la construcción*.

Santiana, I. M., Sujahtra, I. W., Tapayasa, I. M., Wibawa, I. G., y Sudiasa, I. W. (2024). Analysis of Labor Productivity in Reinforced Concrete Structures Using Time Study Methods. *InternationalResearch Journal of Engineering, IT & Scientific Research*. https://doi.org/10.21744/irjeis.v10n3.2434

Sari Bustos, N. W. (2025). *Aplicación de la metodología PMBOK en la construcción de un parque recreacional - Moche para mejorar la productividad de la obra.* Universidad Nacional de Trujillo. https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/84c667b0-424e-493e-a701-e3c40afc29f0/content

Sarmento, M., y Ribeiro Ferreira, M. L. (2021). Factors affecting construction productivity in Brazil:comparison with recent international research. *Revista Ingenieria de Construcción*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732021000300369&lang=es

Tello Morales, P. A. (2016). *Análisis de productividad laboral en obras de construcción en proyectos subterráneos de la división el Teniente.* Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140399

Lim, Y. T., Wang, H., y Yi, W. (2024). Application of Machine Learning in Construction Productivity at Activity Level: A Critical Review. *Applied Sciences*. https://doi.org/10.3390/app142210605

Toledo, M. J., Lorca, M., y Mora, M. (2025). Use of Computer Vision and Object Detection to Measure Construction Productivity Using Crew Balance Charts. *Proceedings of the International Group for Lean Construction (IGLC*. https://doi.org/10.24928/2025/0184

Tolga Guvel, S. (2025). Forecasting slipform labor productivity in the construction of reinforced concrete chimneys. *Revista de Ingeniería Ain Shams*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447924005732

Tommelein, I. D., y Emdanat, S. (2022). Takt Planning: An Enabler for Lean Construction. *IGLC.net*, 866-877. https://doi.org/10.24928/2022/0198

Vigneshwar, R., y Shanmugapriya. (2023). Potential management factors influencing construction projects. *journal of the Croatian Association of Civil Engineers*. 10.14256/JCE.3563.2022

Wandahl, S., Pérez, C. T., Salling, S., Hansen, C. H., Nielsen, M. K., y Nissen, T. (2023). Daily Huddles' Effect on Crew Productivity. *Proceedings of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. https://doi.org/10.24928/2023/0183

ANEXOS

Anexo 1. Datos de rendimiento.

Figura 112

Rendimientos de CAPECO 2023.

Nº	PARTIDA	UNID.	REND. DIARIO (8 HRS.)	CUADRILLA				EQUIPO Y/O HERRAM.
				Capt	Op.	Of.	Peón	
1.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
1.01	Excavación de zanjas para cimientos corridos en terreno normal seco							
	a. Hasta 1.00 m. de profundidad	m3	4.00	0,1	—	—	1	pico y lampa
	b. Hasta 1.40 m. de profundidad	m3	3,50	0,1	—	—	1	pico y lampa
	c. Hasta 1.70 m. de profundidad	m3	3,00	0,1	—	—	1	pico y lampa
2.00	MUROS Y TABIQUES ALBAÑILERIA							
2.01	Ladrillo K.K. de arcilla o calcáreo, mezcla 1:5							
	a. Muro de Cabeza							
	- De menos de 2 ml. de long.	pza	350	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De 2 a 4 ml. de longitud	pza	380	0,1		—	1/2	andamio simple
	- De más de 4 ml. de long.	pza	400	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	b. Muro de soga							
	- De menos de 2 ml. de long.	pza	280	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De 2 a 4 ml. de longitud	pza	320	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De más de 4 ml. de long.	pza	350	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	Nota: Para acabado caravista los anteriores rendimientos se disminuirán 15% por cara.							
2.02	Ladrillo pandereta de arcilla o calcáreo mezcla 1:5							
	a. Muro de cabaza							
	- De menos de 2 ml. de long.	pza	360	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De 2 a 4 ml. de longitud	pza	380	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De más de 4 ml. de long.	pza	400	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	b. Muro de soga							
	- De menos de 2 ml. de long.	pza	280	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De 2 a 4 ml. de long.	pza	320	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De más de 4 ml. de long.	pza	360	0,1	1	—	1/2	andamio simple
2.03	Ladrillo corriente de arcilla o calcáreo mezcla 1:5							
	a. Muro de cabeza							
	- De menos de 2 ml. de long.	pza	460	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De 2 a 4 ml. de longitud	pza	510	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De más de 4 ml. de long.	pza	550	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	b. Muro de soga							
	- De menos de 2 ml. de long	pza	290	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De 2 a 4 ml. de longitud	pza	330	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- De más de 4 ml. de long.	pza	360	0,1	1	—	1/2	andamio simple

Fuente: Cámara Peruana de la Construcción (2023)

Figura 113

Rendimiento de CAPECO 2023 (Continuación).

3.00	**REVOQUES Y ENLUCIDOS**							
3.01	Tarrajeo acabado en interiores sin pañeteo previo, espesor 1.5 cm. mezcla 1:5							
	- Muros de menos de 2 ml. long.	m2	12	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- Muros de 2 a 4 ml. de long.	m2	15	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- Muros de más de 4 ml. de long.	m2	16	0,1	1	—	1/2	andamio simple
3.02	Tarrajeo acabado en interiores con pañeteo previo, espesor 1.5 cm., mezcla 1.5							
	a. Pañeteo							
	- Muros de menos de 2 ml. long	m2	22	0,1	1	—	1/3	andamio simple
	- Muros de 2 a 4 ml. de long.	m2	28	0,1	1	—	1/3	andamio simple
	- Muros de más de 4 ml. de long.	m2	34	0,1	1	—	1/3	andamio simple
	b. Tarrajeo							
	- Muros de menos de 2 ml. de long.	m2	15	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- Muros de 2 á 4 ml. de long.	m2	18	0,1	1	—	1/2	andamio simple
	- Muros de más de 4 ml. de long.	m2	20	0,1	1	—	1/2	andamio simple
3.03	Empastado con yeso en cielorraso sin cintas, en habitaciones:							
	— Menos de 10 m2 de área	m2	13	0,1	1	—	1/3	Andamio
	— De 10 a 20 m2 de área	m2	14	0,1	1	—	1/3	Andamio
	— Mas de 20 m2 de área	m2	17	0,1	1	—	1/3	Andamio
3.04	Empastado con yeso en cielorraso con cintas en habitaciones							
	— Menos de 10 m2 de área	m2	10	0,1	1	—	1/3	Andamio
	— De 10 a 20 m2 de área	m2	12	0,1	1	—	1/3	Andamio
	— Más de 20 m2 de área	m2	14	0,1	1	—	1/3	Andamio
4.00	**PISOS Y PAVIMENTOS**							
4.01	Piso de Loseta veneciana o corriente de 20 x 20 incluido la fragua en habitaciones:							
	— Menos de 10 m2 de área	m2	7	0,1	1	—	1/2	—
	— De 10 a 20 m2. de área	m2	9	0,1	1	—	1/2	—
	— Más de 20 m2 de área	m2	12	0,1	1	—	1/2	—
4.02	Piso de loseta veneciana o corriente de 30 x 30 incluido la fragua en habitaciones:							
	— Menos de 10 m2 de área	m2	8	0,1	1	—	1/2	—
	— De 10 a 20 m2 de área	m2	10	0,1	1	—	1/2	—
	— Más de 20 m2 de área	m2	12	0,1	1	—	1/2	—
5.00	**ZOCALOS Y CONTRAZOCALOS**							
5.01	Zócalo de mayólica de 15 x 15 incluye la preparación mezcla, asentado cartabones y fraguado, en habitaciones							
	— Menos de 5 m2 de área	m2	3	0,1	1	—	1/3	—
	— De 5 a 10 m2 de área	m2	4	0,1	1	—	1/3	—
	— Más de 10 m2 de área	m2	5	0,1	1	—	1/3	—

Fuente: Cámara Peruana de la Construcción (2023)

Figura 114

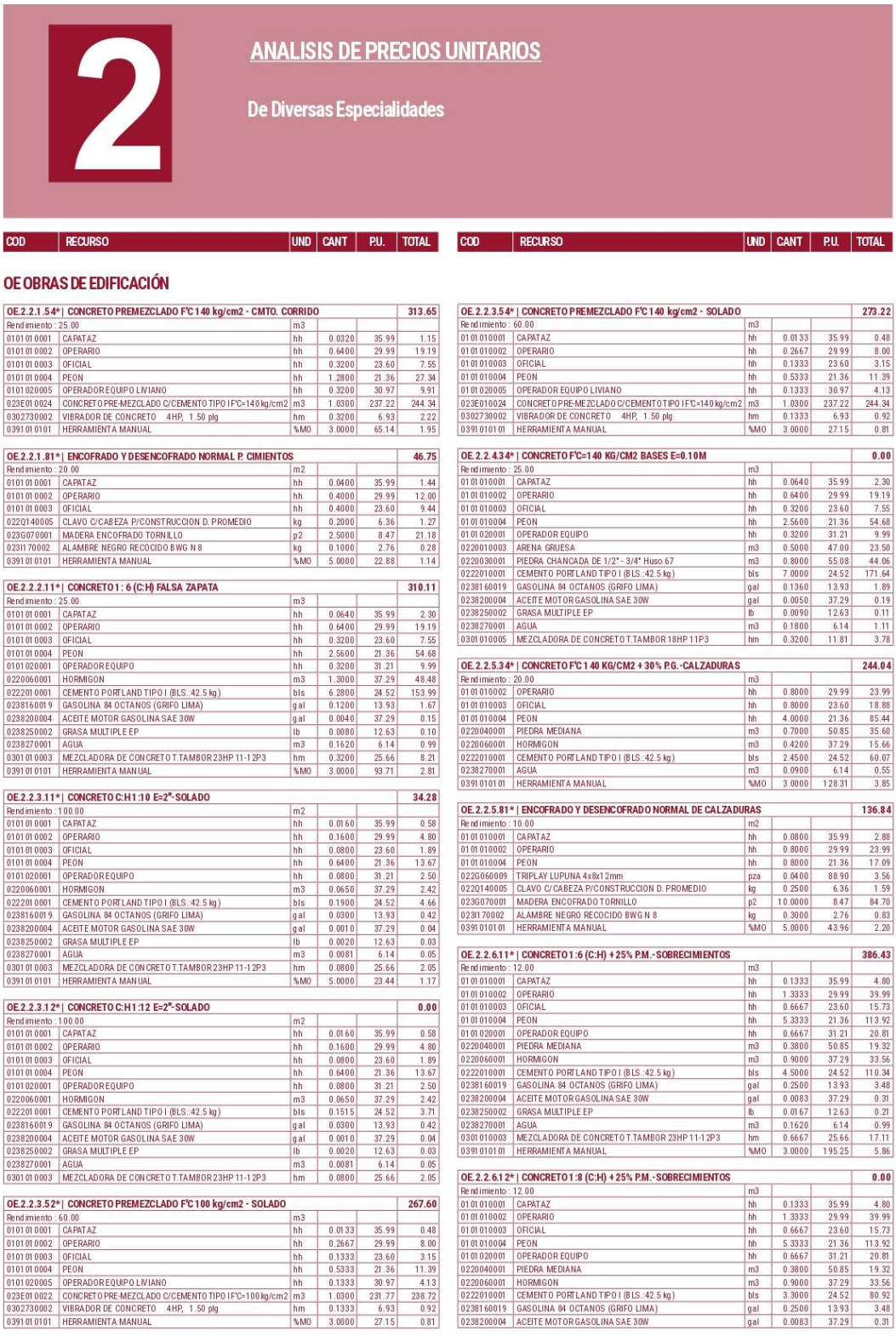
Rendimiento de CAPECO 2023 (Continuación).

5.02	Zócalo de mayólica de 11 x 11 incluye la preparación mezcla, asentado cartabones y fraguado, en habitaciones							
	— Menos de 5 m2 de área	m2	2,5	0,1	1	—	1/3	—
	— De 5 a 10 m2 de área	m2	3,0	0,1	1	—	1/3	—
	— Más de 10 m2 de área	m2	3,5	0,1	1	—	1/3	—
5.03	Contrazócalo de loseta de 10 x 20 ó 10 x 30 incluye la preparacion mezcla, asentado, cartabones y fraguado en habitaciones							
	— Menos de 5 m2 de área	ml	16	0,1	1	—	1/3	—
	— De 5 a 10 m2 de área	ml	18	0,1	1	—	1/3	—
	— Más de 10 m2 de área	ml	20	0,1	1	—	1/3	—
5.04	Contrazócalo de cemento de 10 cm. de alto, incluye picado, preparación mezcla, resanes	ml	24	0,1	1	—	1/3	—
5.05	Contrazócalo de cemento de 30 cm. de alto; incluye picado, prepración mezcla, resanes	ml	17	0,1	1	—	1/3	—
6.00	**TECHADOS Y CUBIERTAS**							
6.01	Cobertura de ladrillo pastelero, incluye preparación de barro y mezcla de fraguado para:							
	— Asentado (ladrillos past.)	pza	320	0,2	—	1	1/2	—
	— Fraguado	m2	50	0,1	—	1	1/2	—

Fuente: Cámara Peruana de la Construcción (2023)

Figura 115

Suplemento técnico de setiembre 2025.



2

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

De Diversas Especialidades

OE OBRAS DE EDIFICACIÓN

COD	RECURSO	UND	CANT	P.U.	TOTAL
OE.2.2.1.54*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 140 kg/cm2 - CMTO. CORRIDO					313.65
Rendimiento : 25.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0320	35.99	1.15
0101010002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101010003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101010004	PEON	hh	1.2800	21.36	27.34
0101020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.3200	30.97	9.91
023E010024	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=140 kg/cm2	m3	1.0300	237.22	244.34
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.3200	6.93	2.22
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	65.14	1.95
OE.2.2.1.81*| ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL P. CIMIENTOS					46.75
Rendimiento : 20.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0400	35.99	1.44
0101010002	OPERARIO	hh	0.4000	29.99	12.00
0101010003	OFICIAL	hh	0.4000	23.60	9.44
0220140005	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.2000	6.36	1.27
023G070001	MADERA ENCOFRADO TORNILLO	p2	2.5000	8.47	21.18
0231170002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 8	kg	0.1000	2.76	0.28
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	22.88	1.14
OE.2.2.2.11*| CONCRETO 1 : 6 (C:H) FALSA ZAPATA					310.11
Rendimiento : 25.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
0101010002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101010003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101010004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.3200	31.21	9.99
0220060001	HORMIGON	m3	1.3000	37.29	48.48
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	6.2800	24.52	153.99
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1620	6.14	0.99
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	93.71	2.81
OE.2.2.3.11*| CONCRETO C:H1:10 E=2"-SOLADO					34.28
Rendimiento : 100.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0160	35.99	0.58
0101010002	OPERARIO	hh	0.1600	29.99	4.80
0101010003	OFICIAL	hh	0.0800	23.60	1.89
0101010004	PEON	hh	0.6400	21.36	13.67
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.0800	31.21	2.50
0220060001	HORMIGON	m3	0.0650	37.29	2.42
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	0.1900	24.52	4.66
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.0300	13.93	0.42
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0010	37.29	0.04
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0020	12.63	0.03
0238270001	AGUA	m3	0.0081	6.14	0.05
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.0800	25.66	2.05
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	23.44	1.17
OE.2.2.3.12*| CONCRETO C:H1:12 E=2"-SOLADO					0.00
Rendimiento : 100.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0160	35.99	0.58
0101010002	OPERARIO	hh	0.1600	29.99	4.80
0101010003	OFICIAL	hh	0.0800	23.60	1.89
0101010004	PEON	hh	0.6400	21.36	13.67
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.0800	31.21	2.50
0220060001	HORMIGON	m3	0.0650	37.29	2.42
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	0.1515	24.52	3.71
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.0300	13.93	0.42
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0010	37.29	0.04
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0020	12.63	0.03
0238270001	AGUA	m3	0.0081	6.14	0.05
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.0800	25.66	2.05
OE.2.2.3.52*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 100 kg/cm2 - SOLADO					267.60
Rendimiento : 60.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E010022	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=100 kg/cm2	m3	1.0300	231.77	238.72
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81

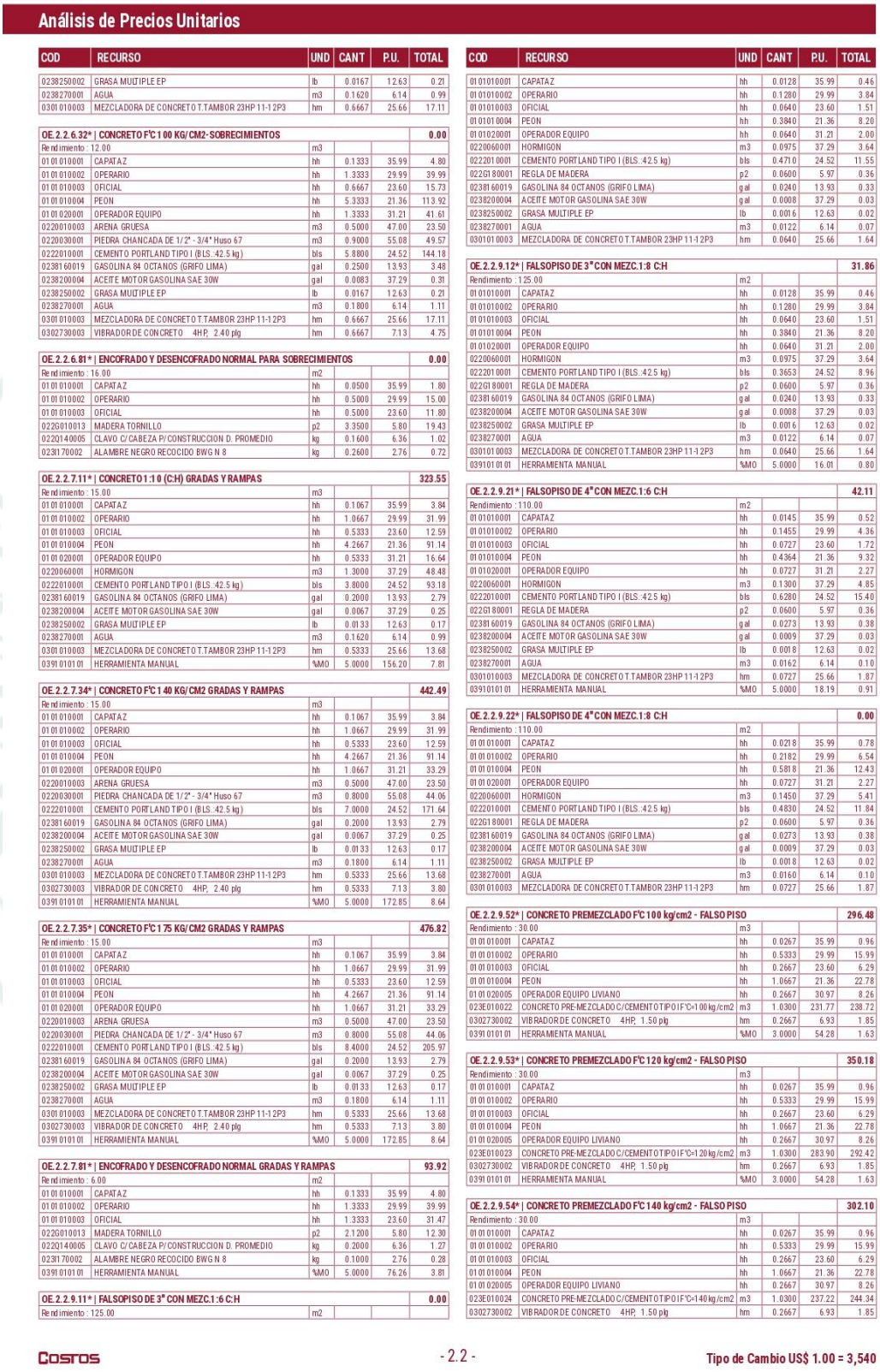
COD	RECURSO	UND	CANT	P.U.	TOTAL
OE.2.2.3.54*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 140 kg/cm2 - SOLADO					273.22
Rendimiento : 60.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E010024	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=140 kg/cm2	m3	1.0300	237.22	244.34
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.2.4.34*| CONCRETO F'C=140 KG/CM2 BASES E=0.10M					0.00
Rendimiento : 25.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
0101010002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101010003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101010004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.3200	31.21	9.99
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	7.0000	24.52	171.64
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1360	13.93	1.89
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0050	37.29	0.19
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0090	12.63	0.11
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010005	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 18HP 11P3	hm	0.3200	11.81	3.78
OE.2.2.5.34*| CONCRETO F'C 140 KG/CM2 + 30% P.G.-CALZADURAS					244.04
Rendimiento : 20.00		m3			
0101010002	OPERARIO	hh	0.8000	29.99	23.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.8000	23.60	18.88
0101010004	PEON	hh	4.0000	21.36	85.44
0220040001	PIEDRA MEDIANA	m3	0.7000	50.85	35.60
0220060001	HORMIGON	m3	0.4200	37.29	15.66
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	2.4500	24.52	60.07
0238270001	AGUA	m3	0.0900	6.14	0.55
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	128.31	3.85
OE.2.2.5.81*| ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE CALZADURAS					136.84
Rendimiento : 10.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0800	35.99	2.88
0101010002	OPERARIO	hh	0.8000	29.99	23.99
0101010004	PEON	hh	0.8000	21.36	17.09
0220G060009	TRIPLAY LUPUNA 4x8x12mm	pza	0.0400	88.90	3.56
0220140005	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.2500	6.36	1.59
023G070001	MADERA ENCOFRADO TORNILLO	p2	10.0000	8.47	84.70
0231170002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 8	kg	0.3000	2.76	0.83
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	43.96	2.20
OE.2.2.6.11*| CONCRETO 1:6 (C:H) + 25% P.M.-SOBRECIMIENTOS					386.43
Rendimiento : 12.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.1333	35.99	4.80
0101010002	OPERARIO	hh	1.3333	29.99	39.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.6667	23.60	15.73
0101010004	PEON	hh	5.3333	21.36	113.92
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6667	31.21	20.81
0220040001	PIEDRA MEDIANA	m3	0.3800	50.85	19.32
0220060001	HORMIGON	m3	0.9000	37.29	33.56
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	4.5000	24.52	110.34
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.2500	13.93	3.48
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0083	37.29	0.31
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0167	12.63	0.21
0238270001	AGUA	m3	0.1620	6.14	0.99
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.6667	25.66	17.11
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	195.25	5.86
OE.2.2.6.12*| CONCRETO 1:8 (C:H) + 25% P.M.-SOBRECIMIENTOS					0.00
Rendimiento : 12.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.1333	35.99	4.80
0101010002	OPERARIO	hh	1.3333	29.99	39.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.6667	23.60	15.73
0101010004	PEON	hh	5.3333	21.36	113.92
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6667	31.21	20.81
0220040001	PIEDRA MEDIANA	m3	0.3800	50.85	19.32
0220060001	HORMIGON	m3	0.9000	37.29	33.56
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	3.3000	24.52	80.92
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.2500	13.93	3.48
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0083	37.29	0.31

Sin I.G.V. en S/. vigentes al 31/08/2025 - 2.1 - Costos

Fuente: Revista Costos (2025).

Figura 116

Suplemento técnico de setiembre 2025 (Continuación).



Análisis de Precios Unitarios

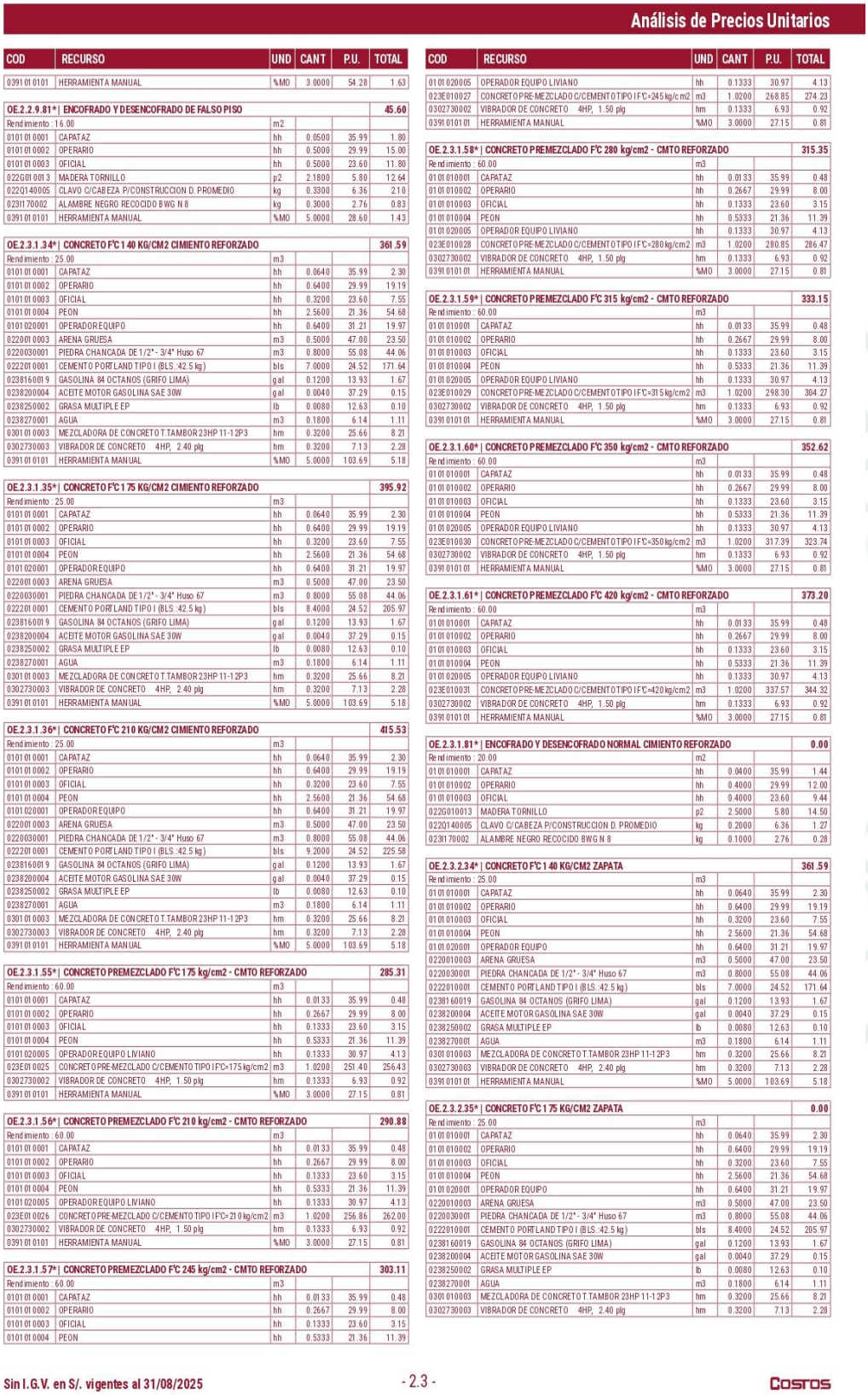
COD	RECURSO	UND	CANT	P.U.	TOTAL
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0167	12.63	0.21
0238270001	AGUA	m3	0.1620	6.14	0.99
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.6667	25.66	17.11
OE.2.2.6.32* | CONCRETO F'C 100 KG/CM2-SOBRECIMIENTOS					**0.00**
Rendimiento : 12.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.1333	35.99	4.80
0101010002	OPERARIO	hh	1.3333	29.99	39.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.6667	23.60	15.73
0101010004	PEON	hh	5.3333	21.36	113.92
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	1.3333	31.21	41.61
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.9000	55.08	49.57
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	5.8800	24.52	144.18
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.2500	13.93	3.48
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0083	37.29	0.31
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0167	12.63	0.21
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.6667	25.66	17.11
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.6667	7.13	4.75
OE.2.2.6.81* | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMIENTOS					**0.00**
Rendimiento : 16.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0500	35.99	1.80
0101010002	OPERARIO	hh	0.5000	29.99	15.00
0101010003	OFICIAL	hh	0.5000	23.60	11.80
022G010013	MADERA TORNILLO	p2	3.3500	5.80	19.43
022Q140005	CLAVO C/ CABEZA P/ CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.1600	6.36	1.02
0231170002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 8	kg	0.2600	2.76	0.72
OE.2.2.7.11* | CONCRETO 1:10 (C:H) GRADAS Y RAMPAS					**323.55**
Rendimiento : 15.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.1067	35.99	3.84
0101010002	OPERARIO	hh	1.0667	29.99	31.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.5333	23.60	12.59
0101010004	PEON	hh	4.2667	21.36	91.14
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.5333	31.21	16.64
0220060001	HORMIGON	m3	1.3000	37.29	48.48
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	3.8000	24.52	93.18
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.2000	13.93	2.79
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0067	37.29	0.25
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0133	12.63	0.17
0238270001	AGUA	m3	0.1620	6.14	0.99
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.5333	25.66	13.68
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	156.20	7.81
OE.2.2.7.34* | CONCRETO F'C 140 KG/CM2 GRADAS Y RAMPAS					**442.49**
Rendimiento : 15.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.1067	35.99	3.84
0101010002	OPERARIO	hh	1.0667	29.99	31.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.5333	23.60	12.59
0101010004	PEON	hh	4.2667	21.36	91.14
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	1.0667	31.21	33.29
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	7.0000	24.52	171.64
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.2000	13.93	2.79
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0067	37.29	0.25
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0133	12.63	0.17
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.5333	25.66	13.68
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.5333	7.13	3.80
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	172.85	8.64
OE.2.2.7.35* | CONCRETO F'C 175 KG/CM2 GRADAS Y RAMPAS					**476.82**
Rendimiento : 15.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.1067	35.99	3.84
0101010002	OPERARIO	hh	1.0667	29.99	31.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.5333	23.60	12.59
0101010004	PEON	hh	4.2667	21.36	91.14
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	1.0667	31.21	33.29
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	8.4000	24.52	205.97
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.2000	13.93	2.79
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0067	37.29	0.25
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0133	12.63	0.17
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.5333	25.66	13.68
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.5333	7.13	3.80
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	172.85	8.64
OE.2.2.7.81* | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL GRADAS Y RAMPAS					**93.92**
Rendimiento : 6.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.1333	35.99	4.80
0101010002	OPERARIO	hh	1.3333	29.99	39.99
0101010003	OFICIAL	hh	1.3333	23.60	31.47
022G010013	MADERA TORNILLO	p2	2.1200	5.80	12.30
022Q140005	CLAVO C/ CABEZA P/ CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.2000	6.36	1.27
0231170002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 8	kg	0.1000	2.76	0.28
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	76.26	3.81
OE.2.2.9.11* | FALSOPISO DE 3" CON MEZC.1:6 C:H					**0.00**
Rendimiento : 125.00		m2			

COD	RECURSO	UND	CANT	P.U.	TOTAL
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0128	35.99	0.46
0101010002	OPERARIO	hh	0.1280	29.99	3.84
0101010003	OFICIAL	hh	0.0640	23.60	1.51
0101010004	PEON	hh	0.3840	21.36	8.20
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.0640	31.21	2.00
0220060001	HORMIGON	m3	0.0975	37.29	3.64
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	0.4710	24.52	11.55
022G180001	REGLA DE MADERA	p2	0.0600	5.97	0.36
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.0240	13.93	0.33
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0008	37.29	0.03
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0016	12.63	0.02
0238270001	AGUA	m3	0.0122	6.14	0.07
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.0640	25.66	1.64
OE.2.2.9.12* | FALSOPISO DE 3" CON MEZC.1:8 C:H					**31.86**
Rendimiento : 125.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0128	35.99	0.46
0101010002	OPERARIO	hh	0.1280	29.99	3.84
0101010003	OFICIAL	hh	0.0640	23.60	1.51
0101010004	PEON	hh	0.3840	21.36	8.20
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.0640	31.21	2.00
0220060001	HORMIGON	m3	0.0975	37.29	3.64
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	0.3653	24.52	8.96
022G180001	REGLA DE MADERA	p2	0.0600	5.97	0.36
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.0240	13.93	0.33
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0008	37.29	0.03
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0016	12.63	0.02
0238270001	AGUA	m3	0.0122	6.14	0.07
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.0640	25.66	1.64
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	16.01	0.80
OE.2.2.9.21* | FALSOPISO DE 4" CON MEZC.1:6 C:H					**42.11**
Rendimiento : 110.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0145	35.99	0.52
0101010002	OPERARIO	hh	0.1455	29.99	4.36
0101010003	OFICIAL	hh	0.0727	23.60	1.72
0101010004	PEON	hh	0.4364	21.36	9.32
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.0727	31.21	2.27
0220060001	HORMIGON	m3	0.1300	37.29	4.85
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	0.6280	24.52	15.40
022G180001	REGLA DE MADERA	p2	0.0600	5.97	0.36
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.0273	13.93	0.38
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0009	37.29	0.03
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0018	12.63	0.02
0238270001	AGUA	m3	0.0162	6.14	0.10
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.0727	25.66	1.87
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	18.19	0.91
OE.2.2.9.22* | FALSOPISO DE 4" CON MEZC.1:8 C:H					**0.00**
Rendimiento : 110.00		m2			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0218	35.99	0.78
0101010002	OPERARIO	hh	0.2182	29.99	6.54
0101010004	PEON	hh	0.5818	21.36	12.43
0101020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.0727	31.21	2.27
0220060001	HORMIGON	m3	0.1450	37.29	5.41
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	0.4830	24.52	11.84
022G180001	REGLA DE MADERA	p2	0.0600	5.97	0.36
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.0273	13.93	0.38
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0009	37.29	0.03
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0018	12.63	0.02
0238270001	AGUA	m3	0.0160	6.14	0.10
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.0727	25.66	1.87
OE.2.2.9.52* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 100 kg/cm2 - FALSO PISO					**296.48**
Rendimiento : 30.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0267	35.99	0.96
0101010002	OPERARIO	hh	0.5333	29.99	15.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.2667	23.60	6.29
0101010004	PEON	hh	1.0667	21.36	22.78
0101020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.2667	30.97	8.26
023E010022	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=100 kg/cm2	m3	1.0300	231.77	238.72
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.2667	6.93	1.85
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	54.28	1.63
OE.2.2.9.53* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 120 kg/cm2 - FALSO PISO					**350.18**
Rendimiento : 30.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0267	35.99	0.96
0101010002	OPERARIO	hh	0.5333	29.99	15.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.2667	23.60	6.29
0101010004	PEON	hh	1.0667	21.36	22.78
0101020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.2667	30.97	8.26
023E010023	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=120 kg/cm2	m3	1.0300	283.90	292.42
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.2667	6.93	1.85
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	54.28	1.63
OE.2.2.9.54* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 140 kg/cm2 - FALSO PISO					**302.10**
Rendimiento : 30.00		m3			
0101010001	CAPATAZ	hh	0.0267	35.99	0.96
0101010002	OPERARIO	hh	0.5333	29.99	15.99
0101010003	OFICIAL	hh	0.2667	23.60	6.29
0101010004	PEON	hh	1.0667	21.36	22.78
0101020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.2667	30.97	8.26
023E010024	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=140 kg/cm2	m3	1.0300	237.22	244.34
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.2667	6.93	1.85

Fuente: Revista Costos (2025).

Figura 117

Suplemento técnico de setiembre 2025 (Continuación).



Análisis de Precios Unitarios

COD	RECURSO	UND	CANT	P.U.	TOTAL
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	54.28	1.63
OE.2.2.9.81*| ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE FALSO PISO					**45.60**
Rendimiento : 16.00		m2			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0500	35.99	1.80
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.5000	29.99	15.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.5000	23.60	11.80
022G01 0013	MADERA TORNILLO	p2	2.1800	5.80	12.64
022Q140005	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.3300	6.36	2.10
023117 0002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 8	kg	0.3000	2.76	0.83
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	28.60	1.43
OE.2.3.1.34*| CONCRETO F'C 140 KG/CM2 CIMIENTO REFORZADO					**361.59**
Rendimiento : 25.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101 01 0004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
0101 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6400	31.21	19.97
022001 0003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
022201 0001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	7.0000	24.52	171.64
023816 0019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301 01 0003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.3200	7.13	2.28
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	103.69	5.18
OE.2.3.1.35*| CONCRETO F'C 175 KG/CM2 CIMIENTO REFORZADO					**395.92**
Rendimiento : 25.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101 01 0004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
0101 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6400	31.21	19.97
022001 0003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
022201 0001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	8.4000	24.52	205.97
023816 0019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301 01 0003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.3200	7.13	2.28
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	103.69	5.18
OE.2.3.1.36*| CONCRETO F'C 210 KG/CM2 CIMIENTO REFORZADO					**415.53**
Rendimiento : 25.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101 01 0004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
0101 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6400	31.21	19.97
022001 0003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
022201 0001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	9.2000	24.52	225.58
023816 0019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301 01 0003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.3200	7.13	2.28
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	103.69	5.18
OE.2.3.1.55*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 175 kg/cm2 - CMTO REFORZADO					**285.31**
Rendimiento : 60.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101 01 0004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0025	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=175 kg/cm2	m3	1.0200	251.40	256.43
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.1.56*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210 kg/cm2 - CMTO REFORZADO					**290.88**
Rendimiento : 60.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101 01 0004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0026	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=210 kg/cm2	m3	1.0200	256.86	262.00
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.1.57*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 245 kg/cm2 - CMTO REFORZADO					**303.11**
Rendimiento : 60.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101 01 0004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39

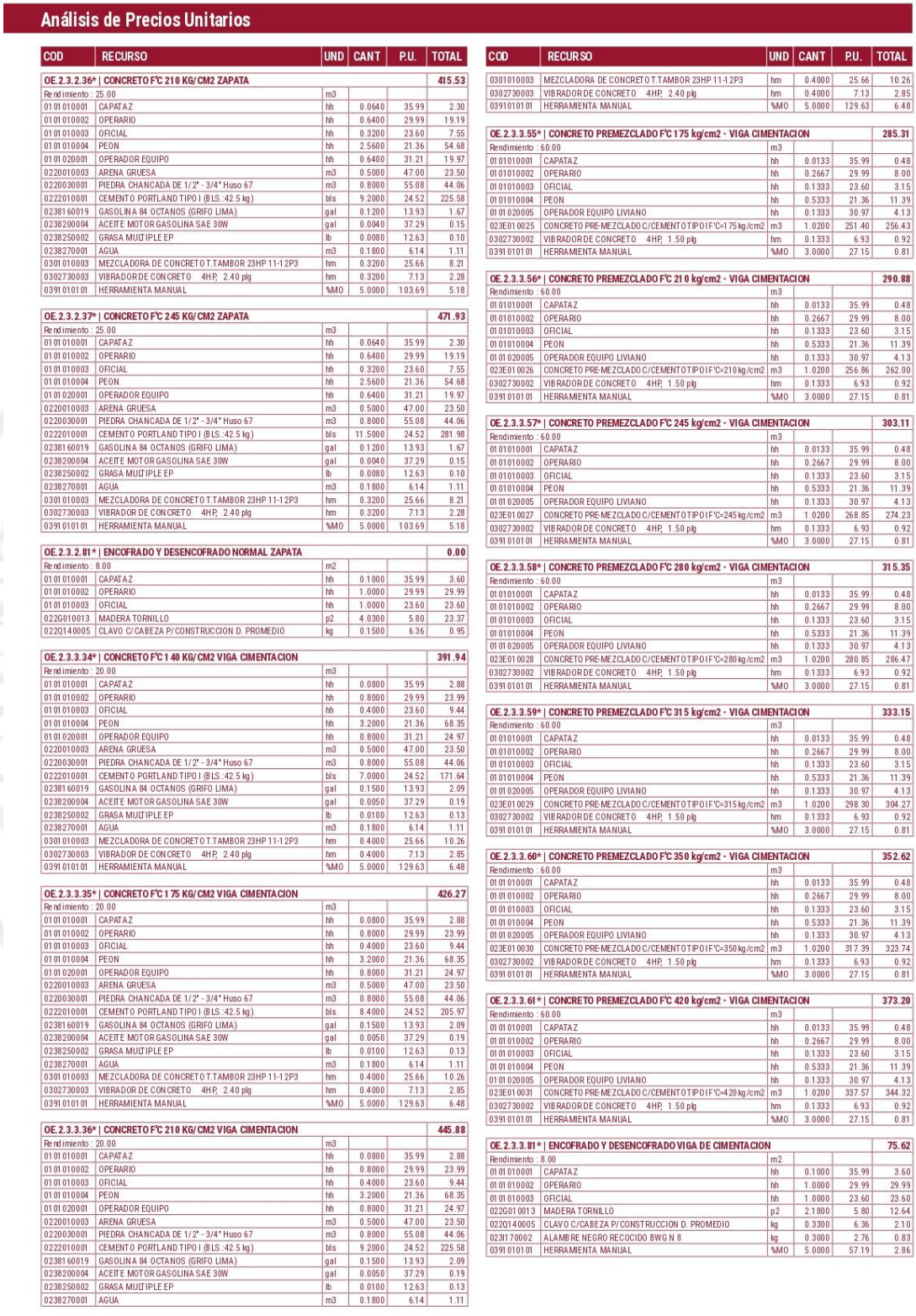
COD	RECURSO	UND	CANT	P.U.	TOTAL
0101 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E010027	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=245 kg/cm2	m3	1.0200	268.85	274.23
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.1.58*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 280 kg/cm2 - CMTO REFORZADO					**315.35**
Rendimiento : 60.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101 01 0004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E010028	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=280 kg/cm2	m3	1.0200	280.85	286.47
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.1.59*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 315 kg/cm2 - CMTO REFORZADO					**333.15**
Rendimiento : 60.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101 01 0004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E010029	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=315 kg/cm2	m3	1.0200	298.30	304.27
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.1.60*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 350 kg/cm2 - CMTO REFORZADO					**352.62**
Rendimiento : 60.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101 01 0004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E010030	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=350 kg/cm2	m3	1.0200	317.39	323.74
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.1.61*| CONCRETO PREMEZCLADO F'C 420 kg/cm2 - CMTO REFORZADO					**373.20**
Rendimiento : 60.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
0101 01 0004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
0101 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E010031	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=420 kg/cm2	m3	1.0200	337.57	344.32
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.1.81*| ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL CIMIENTO REFORZADO					**0.00**
Rendimiento : 20.00		m2			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0400	35.99	1.44
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.4000	29.99	12.00
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.4000	23.60	9.44
022G010013	MADERA TORNILLO	p2	2.5000	5.80	14.50
0220140005	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.2000	6.36	1.27
023117 0002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 8	kg	0.1000	2.76	0.28
OE.2.3.2.34*| CONCRETO F'C 140 KG/CM2 ZAPATA					**361.59**
Rendimiento : 25.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101 01 0004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
0101 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6400	31.21	19.97
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	7.0000	24.52	171.64
023816 0019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301 010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.3200	7.13	2.28
0391 01 0101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	103.69	5.18
OE.2.3.2.35*| CONCRETO F'C 175 KG/CM2 ZAPATA					**0.00**
Rendimiento : 25.00		m3			
0101 01 0001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
0101 01 0002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
0101 01 0003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
0101 01 0004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
0101 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6400	31.21	19.97
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	8.4000	24.52	205.97
023816 0019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301 010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.3200	7.13	2.28

Sin I.G.V. en S/. vigentes al 31/08/2025 - 2.3 - Costos

Fuente: Revista Costos (2025).

Figura 118

Suplemento técnico de setiembre 2025 (Continuación).



Análisis de Precios Unitarios

COD	RECURSO	UND	CANT	P.U.	TOTAL
OE.2.3.2.36* | CONCRETO F'C 210 KG/CM2 ZAPATA					**415.53**
Rendimiento : 25.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
01 01 010004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
01 01 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6400	31.21	19.97
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	9.2000	24.52	225.58
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.3200	7.13	2.28
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	103.69	5.18
OE.2.3.2.37* | CONCRETO F'C 245 KG/CM2 ZAPATA					**471.93**
Rendimiento : 25.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0640	35.99	2.30
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.6400	29.99	19.19
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.3200	23.60	7.55
01 01 010004	PEON	hh	2.5600	21.36	54.68
01 01 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.6400	31.21	19.97
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	11.5000	24.52	281.98
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1200	13.93	1.67
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0040	37.29	0.15
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0080	12.63	0.10
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.3200	25.66	8.21
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.3200	7.13	2.28
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	103.69	5.18
OE.2.3.2.81* | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL ZAPATA					**0.00**
Rendimiento : 8.00		m2			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.1000	35.99	3.60
01 01 010002	OPERARIO	hh	1.0000	29.99	29.99
01 01 010003	OFICIAL	hh	1.0000	23.60	23.60
022G010013	MADERA TORNILLO	p2	4.0300	5.80	23.37
022Q140005	CLAVO C/CABEZA P/ CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.1500	6.36	0.95
OE.2.3.3.34* | CONCRETO F'C 140 KG/CM2 VIGA CIMENTACION					**391.94**
Rendimiento : 20.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0800	35.99	2.88
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.8000	29.99	23.99
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.4000	23.60	9.44
01 01 010004	PEON	hh	3.2000	21.36	68.35
01 01 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.8000	31.21	24.97
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	7.0000	24.52	171.64
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1500	13.93	2.09
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0050	37.29	0.19
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0100	12.63	0.13
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.4000	25.66	10.26
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.4000	7.13	2.85
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	129.63	6.48
OE.2.3.3.35* | CONCRETO F'C 175 KG/CM2 VIGA CIMENTACION					**426.27**
Rendimiento : 20.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0800	35.99	2.88
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.8000	29.99	23.99
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.4000	23.60	9.44
01 01 010004	PEON	hh	3.2000	21.36	68.35
01 01 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.8000	31.21	24.97
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	8.4000	24.52	205.97
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1500	13.93	2.09
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0050	37.29	0.19
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0100	12.63	0.13
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.4000	25.66	10.26
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.4000	7.13	2.85
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	129.63	6.48
OE.2.3.3.36* | CONCRETO F'C 210 KG/CM2 VIGA CIMENTACION					**445.88**
Rendimiento : 20.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0800	35.99	2.88
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.8000	29.99	23.99
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.4000	23.60	9.44
01 01 010004	PEON	hh	3.2000	21.36	68.35
01 01 020001	OPERADOR EQUIPO	hh	0.8000	31.21	24.97
0220010003	ARENA GRUESA	m3	0.5000	47.00	23.50
0220030001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" Huso 67	m3	0.8000	55.08	44.06
0222010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (BLS.:42.5 kg)	bls	9.2000	24.52	225.58
0238160019	GASOLINA 84 OCTANOS (GRIFO LIMA)	gal	0.1500	13.93	2.09
0238200004	ACEITE MOTOR GASOLINA SAE 30W	gal	0.0050	37.29	0.19
0238250002	GRASA MULTIPLE EP	lb	0.0100	12.63	0.13
0238270001	AGUA	m3	0.1800	6.14	1.11
0301010003	MEZCLADORA DE CONCRETO T.TAMBOR 23HP 11-12P3	hm	0.4000	25.66	10.26
0302730003	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 2.40 plg	hm	0.4000	7.13	2.85
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	129.63	6.48
OE.2.3.3.55* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 175 kg/cm2 - VIGA CIMENTACION					**285.31**
Rendimiento : 60.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
01 01 010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
01 01 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0025	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=175 kg/cm2	m3	1.0200	251.40	256.43
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.3.56* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210 kg/cm2 - VIGA CIMENTACION					**290.88**
Rendimiento : 60.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
01 01 010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
01 01 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0026	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=210 kg/cm2	m3	1.0200	256.86	262.00
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.3.57* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 245 kg/cm2 - VIGA CIMENTACION					**303.11**
Rendimiento : 60.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
01 01 010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
01 01 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0027	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=245 kg/cm2	m3	1.0200	268.85	274.23
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.3.58* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 280 kg/cm2 - VIGA CIMENTACION					**315.35**
Rendimiento : 60.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
01 01 010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
01 01 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0028	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=280 kg/cm2	m3	1.0200	280.85	286.47
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.3.59* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 315 kg/cm2 - VIGA CIMENTACION					**333.15**
Rendimiento : 60.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
01 01 010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
01 01 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0029	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=315 kg/cm2	m3	1.0200	298.30	304.27
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.3.60* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 350 kg/cm2 - VIGA CIMENTACION					**352.62**
Rendimiento : 60.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
01 01 010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
01 01 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0030	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=350 kg/cm2	m3	1.0200	317.39	323.74
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.3.61* | CONCRETO PREMEZCLADO F'C 420 kg/cm2 - VIGA CIMENTACION					**373.20**
Rendimiento : 60.00		m3			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.0133	35.99	0.48
01 01 010002	OPERARIO	hh	0.2667	29.99	8.00
01 01 010003	OFICIAL	hh	0.1333	23.60	3.15
01 01 010004	PEON	hh	0.5333	21.36	11.39
01 01 020005	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	0.1333	30.97	4.13
023E01 0031	CONCRETO PRE-MEZCLADO C/CEMENTO TIPO I F'C=420 kg/cm2	m3	1.0200	337.57	344.32
0302730002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50 plg	hm	0.1333	6.93	0.92
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	3.0000	27.15	0.81
OE.2.3.3.81* | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO VIGA DE CIMENTACION					**75.62**
Rendimiento : 8.00		m2			
01 01 010001	CAPATAZ	hh	0.1000	35.99	3.60
01 01 010002	OPERARIO	hh	1.0000	29.99	29.99
01 01 010003	OFICIAL	hh	1.0000	23.60	23.60
022G010013	MADERA TORNILLO	p2	2.1800	5.80	12.64
022Q140005	CLAVO C/CABEZA P/ CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	0.3300	6.36	2.10
023II70002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG N 8	kg	0.3000	2.76	0.83
0391010101	HERRAMIENTA MANUAL	%MO	5.0000	57.19	2.86

Fuente: Revista Costos (2025).

Anexo 2. Validación de formatos de encuestas a profesionales

Figura 119
Carta de solicitud de validación de instrumentos.

CARTA DE SOLICITUD DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Arequipa, noviembre del 2025

Señor(a): Ing. Valeria Castillo Bartolo

Presente. -

Asunto: Solicitud de validación de instrumentos técnicos

De nuestra consideración:

Un cordial saludo, quienes la saludan son bachilleres en de Ing. Civil de la Universidad Católica de Santa María, nuestro nombres son Max Baruch Condori Mamani y Flavio Rivaldo Achiri Choquepuma, por medio de la presente, nos dirigimos a usted con la finalidad de solicitar la **validación técnica de los instrumentos** desarrollados en el marco del proyecto titulado: "Integración de los métodos Takt-Time, Carta balance y Delphi, para la evaluación de la productividad laboral en obras por contrata – instituciones educativas, en la provincia de Arequipa"

Dichos instrumentos han sido elaborados con el objetivo de evaluar y encontrar brechas de mejora en el análisis en proyectos de instituciones educativas, y requieren ser validados por un profesional competente en el área, a fin de garantizar su **pertinencia, coherencia y aplicabilidad técnica**.

En ese sentido, solicitamos a usted la revisión de los documentos adjuntos y, de considerarlo conforme, la emisión de su **validación mediante firma una vez se haya revisado los formatos**.

Asimismo, quedamos atentos a cualquier observación, recomendación o requerimiento adicional que considere necesario para el adecuado cumplimiento del proceso de validación.

Agradecemos de antemano su atención y disposición.



Ing. Valeria Castillo Bartolo
DNI: 77572814

Anexo 3. Formatos de encuestas a profesionales

Figura 120

Primera hoja de encuestas Likert (primera ronda)

1era HOJA-Encuesta Likert para determinar el conocimiento de los encuestados en lo referente a Takt-time, Carta Balance y PMBOK

(Escala sugerida: 1=Totalmente en desacuerdo, 5=Totalmente de acuerdo)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?					
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?					
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?					
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?					
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?					
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?					
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?					
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?					
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?					
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					

Figura 121

Segunda hoja de encuestas, opción múltiple – Primer apartado (primera ronda).

2da HOJA - Encuesta de opción mpultiple para profesionales en obra para conocer la opinión que tiene sobre las herramientas de: Takt-Time, Carta Balance y Gestión de riesgos

Seleccionar una respuesta en las siguientes preguntas:

Dimensión Takt-Time	
Indicador: Uso de herramientas de gestión	
1. ¿Qué herramienta considera más útil para evaluar el ritmo de trabajo en obra?	
☐ Takt-Time	
☐ Carta Balance	
☐ Herramientas de Gestión de riesgos	
☐ Otra	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time	
2. ¿Cuál cree que es el principal beneficio del uso del Takt-Time?	**3. ¿Conoce el método Takt-Time?**
☐ Sincronización del trabajo	☐ Sí
☐ Evitar retrasos	☐ No
☐ Control visual	☐ He oído hablar
☐ No lo conozco	☐ Lo he aplicado
4. ¿Qué limitaciones encuentra al aplicar el método Takt-Time?	
☐ Desconocimiento del personal	
☐ Falta de datos	
☐ Resistencia al cambio	
☐ Ninguna	
Dimensión Carta Balance	
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo	
5. **¿Qué tipo de tareas son las más afectadas por la baja productividad?**	6. **¿Cuál es el principal factor que reduce la productividad en su experiencia?**
☐ Acabados	☐ Falta de materiales
☐ Estructuras	☐ Clima
☐ Instalaciones	☐ Falta de capacitación
☐ Todas	☐ falta de supervisión
Indicador: Porcentaje trabajo contributivo	
7. ¿Considera útil medir el trabajo contributivo y no contributivo?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ No lo sé	
☐ Depende del tipo de obra	
Indicador: Porcentaje trabajo no contributivo	
8. **¿Cuál es el mayor desafío en aplicar Carta Balance en campo?**	9. **¿Conoce la herramienta de Carta balance?**
☐ Recopilar datos	☐ Sí
☐ Interpretar resultados	☐ No
☐ Capacitación del personal	☐ He oído hablar
☐ No se aplica	☐ la aplico regularmente
Dimensión Gestión de riesgos	
Indicador: Identificación de riesgos	
10. ¿Cómo realiza actualmente la identificación de riesgos?	
☐ Reuniones	
☐ Checklists	
☐ No se hace	
☐ Otra	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos	
11. ¿Aplica principios de gestión de riesgos en sus obras?	**12. ¿Cuál es el impacto principal de aplicar gestión de riesgos en obra?**
☐ Sí	☐ Mejora de tiempos
☐ No	☐ Reducción de riesgos
☐ Algunos	☐ Planificación efectiva
☐ Desconozco sobre la gestión de riesgos	☐ No hay impacto

Figura 122

Segunda hoja de encuestas, opción múltiple – Segundo apartado (primera ronda).

Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas	
13. ¿El cronograma del proyecto se revisa semanalmente?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ Solo al inicio	
☐ No estoy seguro	
Indicador: monitoreo y control de eventos de riesgo	
14. **¿Se promueve la mejora continua en obra?**	15. **¿Desconoce la gestión de riesgos?**
☐ Sí	☐ No lo conozco
☐ No	☐ He escuchado sobre él
☐ En algunos casos	☐ Lo conozco y lo veo a menudo
☐ no aplica	☐ Lo he aplicado y conozco a la perfección
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas	
13. ¿El cronograma del proyecto se revisa semanalmente?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ Solo al inicio	
☐ No estoy seguro	
Indicador: monitoreo y control de eventos de riesgo	
14. **¿Se promueve la mejora continua en obra?**	15. **¿Desconoce la gestión de riesgos?**
☐ Sí	☐ No lo conozco
☐ No	☐ He escuchado sobre él
☐ En algunos casos	☐ Lo conozco y lo veo a menudo
☐ no aplica	☐ Lo he aplicado y conozco a la perfección
Dimensión: Rendimiento del personal	
Indicador: Volumen del trabajo ejecutado por jornada	
16. ¿Con qué frecuencia se mide la productividad laboral?	
☐ Diariamente	
☐ Semanalmente	
☐ Mensualmente	
☐ No se mide	
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas	
17. ¿Usa algún software para seguimiento de productividad?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ Solo Excel	
☐ Desconozco	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo	
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles	
18. ¿Cree que una integración de estas tres metodologías es viable?	
☐ Sí	
☐ No	
☐ Depende del tipo de obra	
☐ No estoy seguro	
Indicador: Reducción del tiempo de actividades no contributivas	
19. **¿Estaría dispuesto a recibir capacitación en estas herramientas?**	
☐ Sí	☐ Depende del tiempo disponible
☐ No	☐ Depende de la empresa
20. ¿Cuánto es el tiempo no productivo del personal en una hora laborable?	
☐ Aprox. 05 minutos	☐ Aprox. 20 minutos
☐ Aprox. 10 minutos	☐ Aprox. 30 minutos
Dimensión: Cumplimiento del cronograma	
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales	
21. ¿Con qué periodicidad se revisa el cronograma del proyecto inicialmente establecido?	
☐ Diario	
☐ Semanalmente	
☐ Mensualmente	
☐ Solo para comprobar la existencia de retraso	

Figura 123

Encuesta Likert segunda ronda

Encuesta Likert para la convergencia de respuesta de expertos, segunda ronda

(Escala sugerida: 1=Desacuerdo, 5=Totalmente de acuerdo)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?					
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?					
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?					
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					

Anexo 3. Encuestas resueltas por los profesionales (expertos)

Figura 124

Respuesta del primer experto "gerente de constructora" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?					x
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?					x
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?				x	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?			x		
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?					x
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?			x		
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?					x
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					x
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?				x	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					x
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?				x	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					x
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?				x	

Figura 125

Respuesta del primer experto "gerente de constructora" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?			X		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?			X		
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 126

Respuesta del segundo experto "gerente de constructora" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?				x	
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?				x	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?			x		
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?			x		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?				x	
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?	x				
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?			x		
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?			x		
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?			x		
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?			x		
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?				x	
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?			x		
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?				x	
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?				x	

Figura 127

Respuesta del segundo experto "gerente de constructora" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?				X	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?			X		
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?				X	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?			X		
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?			X		
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?				*X*	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 128

Respuesta del tercer experto "proyectista" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?					x
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					x
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?				x	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?			x		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?					x
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?			x		
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					x
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					x
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					x
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					x
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					x
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					x

Figura 129

Respuesta del tercer experto "proyectista" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?				X	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 130

Respuesta del cuarto experto "proyectista" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?				x	
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?			x		
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?				x	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?			x		
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?				x	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?					x
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?			x		
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					x
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					x
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					x
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					x
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					x
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					x

Figura 131

Respuesta del cuarto experto "proyectista" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?			X		
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?			X		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?		X			
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 132

Respuesta del quinto experto "proyectista" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?					x
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?			x		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?				x	
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?			x		
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?				x	
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?				x	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?				x	
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?				x	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?				x	
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?				x	

Figura 133

Respuesta del quinto experto "proyectista" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?				X	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?				X	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?				*X*	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 134

Respuesta del sexto experto "residente de obra" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?				x	
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?					x
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					x
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?					x
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?					x
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?			x		
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?					x
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?			x		
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?					x
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					x
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?				x	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					x
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?				x	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					x
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?				x	

Figura 135

Respuesta del sexto experto "residente de obra" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?			X		
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?			X		
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 136

Respuesta del séptimo experto "residente de obra" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?					x
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?					x
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?			x		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?					x
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					x
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					x
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					x
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					x
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					x
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					x

Figura 137

Respuesta del séptimo experto "residente de obra" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 138

Respuesta del octavo experto "supervisor de obra" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?					x
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					x
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?			x		
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?			x		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?				x	
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?				x	
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?				x	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?				x	
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?				x	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?				x	
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?				x	

Figura 139

Respuesta del octavo experto "supervisor de obra" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?				X	
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?			X		
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?				X	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?				X	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 140

Respuesta del noveno experto "supervisor de obra" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?				x	
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?					x
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					x
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?			x		
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?			x		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?					x
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					x
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					x
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					x
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					x
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					x
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					x

Figura 141

Respuesta del noveno experto "supervisor de obra" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 142

Respuesta del décimo experto "jefe de oficina técnica" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					x
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?			x		
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?			x		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?				x	
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?		x			
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?			x		
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?			x		
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?			x		
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?			x		
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?	x				
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?			x		
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?			x		

Figura 143

Respuesta del décimo experto "jefe de oficina técnica" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?			X		
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?			X		

Figura 144

Respuesta del undécimo experto "ingeniero de calidad" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?				x	
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?					x
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?					x
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?				x	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?			x		
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?				x	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?				x	
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?				x	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?				x	
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?				x	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?				x	
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?				x	

Figura 145

Respuesta del undécimo experto "ingeniero de calidad" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?			X		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 146

Respuesta del duodécimo experto "jefe de producción" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?					x
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?				x	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?			x		
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?				x	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?				x	
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					x
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?				x	
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					x
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?				x	
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					x

Figura 147

Respuesta del duodécimo experto "jefe de producción" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?			X		
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 148

Respuesta del decimotercero experto "especialista de seguridad SSOMA" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?				x	
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?				x	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?					x
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?					x
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?				x	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?					x
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?				x	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?	x				
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?			x		
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?	x				
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?			x		
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?			x		
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?			x		
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?			x		
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?			x		
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?			x		

Figura 149

Respuesta del decimotercero experto "especialista de seguridad SSOMA" (segunda ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?				X	
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?					X
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?			X		

Figura 150

Respuesta del decimocuarto experto "ingeniero de costos y presupuestos" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?					x
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?					x
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?					x
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?				x	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?					x
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?					x
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					x
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?					x
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					x
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?					x
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					x

Figura 151

Respuesta del decimocuarto experto "ingeniero de costos y presupuestos" (primera ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?					X
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?					X
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?					X
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?				X	
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?					X
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?					X
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?					*X*
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Figura 152

Respuesta del decimoquinto experto "jefe de logística y almacén" (primera ronda)

N.º	Pregunta	1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de herramientas de gestión						
1	¿El ritmo de trabajo diario en obra se ajusta al tiempo Takt definido?				x	
2	¿Se realiza seguimiento regular al tiempo Takt de cada actividad?					x
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
3	¿Existen desviaciones frecuentes respecto al tiempo Takt programado?				x	
4	¿Se ha identificado el equilibrio entre el tiempo de ciclo y el tiempo Takt?				x	
Indicador: Continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones						
5	¿El flujo de producción es continuo y sin interrupciones significativas?				x	
6	¿Las actividades están sincronizadas conforme al Takt-Time planificado?					x
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
7	¿Se mide frecuentemente el porcentaje de trabajo productivo del personal?				x	
Indicador: Porcentaje de trabajo contributivo						
8	¿Se cuantifican las actividades contributivas en cada jornada laboral?					x
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
9	¿Existe una evaluación constante del trabajo no contributivo?				x	
10	¿Se aplican mejoras basadas en los datos obtenidos de la Carta Balance?				x	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de riesgos						
11	¿Se han identificado los principales riesgos del proyecto?				x	
Indicador: Planes de respuesta a riesgos y medidas						
12	¿Existen estrategias para responder a los eventos de riesgo identificados?				x	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgos						
13	¿Se monitorean los riesgos durante toda la ejecución del proyecto?				x	
Indicador: Evaluación y clasificación de riesgos						
14	¿Se aplica una guía en la gestión de riesgos y tiempos?				x	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
15	¿Se cumplen las tareas programadas en los cronogramas establecidos?				x	
16	¿Se comparan las tareas realizadas con las programadas semanalmente?					x
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Horas efectivas trabajadas vs horas totales disponibles						
17	¿Se aprovecha eficientemente el tiempo disponible en obra?				x	
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
18	¿Se evaluan las actividades no productivas mediante estrategias concretas?					x
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
19	¿Se respetan los plazos establecidos en el cronograma de obra?				x	
Indicador: Avance físico acumulado vs programado						
20	¿Se realiza seguimiento del avance físico acumulado frente al programado?					x

Figura 153

Respuesta del decimoquinto experto "jefe de logística y almacén" (primera ronda)

Pregunta		1	2	3	4	5
Dimensión: Takt-Time						
Indicador: Uso de las herramientas de gestión						
1	¿Considera que un sistema de recolección de datos en tiempo real es la solución más efectiva para revertir el 53% de desacuerdo sobre el ajuste del ritmo de trabajo al Takt definido?			X		
Indicador: Nivel de equilibrio entre tiempos de ciclo y Takt-Time						
2	Ante el desequilibrio identificado en la 1ra ronda (60% en desacuerdo), ¿qué importancia le asigna a la redistribución de cuadrillas como estrategia prioritaria para estabilizar el flujo?				X	
Indicador: Flujo continuo de producción sin interrupciones						
3	¿Qué grado de acuerdo tiene en que la sincronización de actividades bajo la metodología propuesta eliminará las interrupciones significativas que actualmente percibe el 60% de los expertos?				X	
Dimensión: Carta Balance						
Indicador: Porcentaje de trabajo productivo						
4	Para aumentar la productividad, ¿qué tan determinante considera integrar un inventario "Just-in-Time" para mitigar la falta de materiales identificada como el factor crítico (46.7%)?					X
Indicador: Porcentaje de trabajo no contributivo						
5	¿Estaría de acuerdo en que la reducción del trabajo no contributivo depende de un programa de formación técnica obligatorio previo a la aplicación de la Carta Balance en campo?				X	
Dimensión: Gestión de riesgos						
Indicador: Identificación de proyectos						
6	¿Considera que el uso de un "Catálogo de Riesgos Críticos" estandarizado facilitaría la identificación para el 33,3% de especialistas que actualmente no la realiza o la desconoce?				X	
Indicador: Monitoreo y control de eventos de riesgo						
7	Dado que el monitoreo actual es inconsistente, ¿qué nivel de prioridad le asigna a establecer un control de riesgos estrictamente diario para asegurar el éxito de la integración metodológica?				X	
Dimensión: Rendimiento del personal						
Indicador: Tareas completadas vs tareas programadas						
8	¿En qué medida considera que la integración de las tres herramientas mejorará la precisión de la comparación semanal de tareas frente a los métodos que se usan actualmente?				X	
Dimensión: Uso eficiente del tiempo						
Indicador: Evaluación del tiempo en actividades no contributivas						
9	¿Qué tan viable considera que la metodología propuesta logre evaluar el tiempo no productivo (estimado por la mayoría en 10-20 min/hora) en al menos un 50%?				*X*	
Dimensión: Cumplimiento del cronograma						
Indicador: Comparación entre tiempos estimados y reales						
10	¿Considera que el orden lógico de implementación para respetar los plazos debe ser: ¿1° Gestión de Riesgos, 2° Takt-Time y 3° Carta Balance?					X

Anexo 4. Formato de Carta Balance por partidas

Figura 154

Carta Balance para partida de excavaciones con equipo para cimentaciones

CARTA BALANCE PARTIDA: EXCAVACIONES C/EQUIPO PARA CIMENTACIONES	CARTA-001
	SUBTITULO:
	MOVIMIENTO DE TIERRAS
	TITULO: ESTRUCTURAS
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: EXCAVACIONES C/EQUIPO PARA CIMENTACIONES

	CUADRILLA		
Tiempo (min)	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
RESULTADOS:			
TP	0	0	0
TC	0	0	0
TNC	0	0	0

TP	0
TC	0
TNC	0

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Excavacion con maquinaria
2	Extraccion de material con maquinaria
3	Perfilado final de las zanjas
4	Extracción de material con herramienta manual
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Posicionamiento de la maquina
12	Verificacion de trazos y niveles
13	Comunicación operario - peon
14	Colocación de señalizacion
15	
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Retrabajo por excavacion fuera de nivel
22	Demoras por falta de definicion del area a intervenir
23	Demora por falta de combustible
24	Esperas por interferencia
25	Traslado innecesario de la excavadora
26	
27	
28	
29	
30	

Figura 155

Carta Balance para partida de acero corrugado fy=4200 kg/cm2 en zapatas

CARTA BALANCE PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN ZAPATAS	CARTA-002 SUBTITULO: ZAPATAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN ZAPATAS

	CUADRILLA				
Tiempo (min)	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
RESULTADOS:					
TP	0	0	0	0	0
TC	0	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0	0

	TRABAJO PRODUCTIVO
1	Corte de acero
2	Doblado de acero
3	amarre de acero
4	Colocación y armado
5	
6	
7	
8	
9	
10	

	TRABAJO CONTRIBUTORIO
11	Marcado de referencia
12	Traslado a zona de uso
13	Preparación de herramientas y equipos
14	Limpieza de la zona de Armado
15	Colocacion de dados de concreto
16	
17	
18	
19	
20	

	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por materiales	
22	Espera a indicaciones	
23	Descansos	
24		
25		0
26		0
27		0
28		
29		
30		

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

Figura 156

Carta Balance para concreto en zapatas f'c=210 kg/cm2 premezclado en obra.

CARTA BALANCE PARTIDA: CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2 PREMEZCLADO EN OBRA	CARTA-003 SUBTITULO: ZAPATAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2 PREMEZCLADO EN OBRA

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
RESULTADOS:				
TP	0	0	0	0
TC	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0

TP	0
TC	0
TNC	0

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Vaciado/ Colocación
2	Distribución de concreto
3	Vibrado
4	Reglado de concreto
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Comunicación operario Mixer - operario
12	Preparación y limpieza de la zona a intervenir
13	Verificacion de niveles
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por equipos
22	Espera por herramientas Manuales
23	Tiempo de descanso
24	Correcion de desperdicios
25	Desplazamiento innecesarios
26	
27	
28	
29	
30	

Figura 157

Carta Balance para partida de acero corrugado fy=4200 kg/cm2 en columnas.

CARTA BALANCE PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN COLUMNAS	PPP-004 SUBTITULO: COLUMNAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN COLUMNAS

	CUADRILLA				
Tiempo (min)	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
RESULTADOS:					
TP	0	0	0	0	0
TC	0	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0	0

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Corte de acero
2	Doblado de Estribos y ganchos
3	Colocación de acero
4	Amarre de estribos
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Traslado de acero
12	Verificacion de espaciamente
13	Medición y Alineación Vertical
14	Limpieza del acero
15	Marcado de referencia
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO		
21	Espera por materiales	0
22	Espera a indicaciones	0
23	Descansos	0
24	Retrabajo por mala lectura de planos	
25	Interferencia con otras actividades	
26		
27		
28		
29		
30		

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

Figura 158

Carta Balance para partida encofrado y desencofrado normal de columnas.

CARTA BALANCE PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE COLUMNAS	PPP-005 SUBTITULO: COLUMNAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE COLUMNAS

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

RESULTADOS:

TP	0	0	0	0	0
TC	0	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0	0

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Corte de paneles
2	Montaje de las 4 caras
3	Armado Final del Cajón
4	Colocacion de listones
5	Alineamieto y plomado
6	Verificacon de recubrimientos
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Traslado del Material
12	Aplicación de Desmoldante
13	Traslado de equipos y herramientas
14	Limpienza y preparación de trabajo
15	Marcado de Referencia
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por falta de materiales
22	Retrabajo por mal armado
23	Espera a indicaciones
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Figura 159

Carta Balance para partida de concreto en columnas f'c=210 kg/cm2 por mixer.

CARTA BALANCE PARTIDA: CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2 MIXER	PPP-006 SUBTITULO: COLUMNAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2 EN OBRA

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
RESULTADOS:				
TP	0	0	0	0
TC	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0

	TRABAJO PRODUCTIVO
1	Vaciado de concreto
2	Vibrado de concreto
3	Nivelación y acabado superior
4	Vibrado Manual
5	
6	
7	
8	
9	
10	

	TRABAJO CONTRIBUTORIO
11	Preparación y limpieza del area de trabajo
12	Revision de encofrado previo al vaciado
13	Traslado de Equipos y Herramientas
14	Comunicación operario Mixer - operario
15	
16	
17	
18	
19	
20	

	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
21	Espera por demora de mixer
22	Ubicación de mixer
23	Paradas por mala coordinacion
24	Desplazamiento innecesarios
25	Espera a indicaciones
26	
27	
28	
29	
30	

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON

Figura 160

Carta Balance para partida de acero corrugado fy=4200 kg/cm2 en vigas.

CARTA BALANCE PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN VIGAS	PPP-007 SUBTITULO: VIGAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 EN VIGAS

	CUADRILLA				
Tiempo (min)	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
RESULTADOS:					
TP	0	0	0	0	0
TC	0	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0	0

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Corte de acero
2	Doblado de Estribos y ganchos
3	Colocación de acero
4	Amarre de estribos
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Traslado de materiales y herramientas
12	Verificacion de espaciamente
13	Preparacion de Area de Trabajo
14	Limpieza del acero
15	Marcado de referencia
16	
17	
18	
19	
20	

	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
0	21	Espera por materiales
0	22	Espera a indicaciones
0	23	Descansos
	24	Retrabajo por mala lectura de planos
	25	Interferencia con otras actividades
	26	
	27	
	28	
	29	
	30	

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON
PEON 2	PEON

Figura 161

Carta Balance para partida de encofrado y desencofrado normal de vigas.

CARTA BALANCE PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE VIGAS	PPP-008 SUBTITULO: VIGAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE VIGAS

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
RESULTADOS:				
TP	0	0	0	0
TC	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0

0	
0	
0	

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OPERARIO 2	OPERARIO
OFICIAL 1	PEON
OFICIAL 2	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Armado de encofrado
2	Alineamiento, nivelacion y plomado
3	Colocacion de puntales
4	Corte de paneles y/o fenolico
5	Verificacon de recubrimientos
6	Colocacion de listones
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Armado de andamios
12	Limpieza y preparacion del area de trabajo
13	Traslados de Materiales y Herramientas
14	Verificacion de planos, niveles del eje de viga
15	Aplicación de Desmoldante
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por falta de materiales
22	Retrabajo por mal armado
23	Descansos
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Figura 162

Carta Balance para partida del concreto en vigas f'c=210 kg/cm2 en mixer.

CARTA BALANCE PARTIDA: CONCRETO VIGAS f'c=210 kg/cm2 mixer	PPP-009 SUBTITULO: VIGAS TITULO: OBRAS DE CONCRETO ARMADO
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: CONCRETO VIGAS f'c=210 kg/cm2

	CUADRILLA			
Tiempo (min)	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

RESULTADOS:

TP	0	0	0	0	0
TC	0	0	0	0	0
TNC	0	0	0	0	0

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OFICIAL 1	OFICIAL
OFICIAL 2	OFICIAL
PEON 1	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Vaciado de concreto
2	Vibrado de concreto
3	Nivelación y acabado superior
4	Vibrado Manual
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Preparación y limpieza del area de trabajo
12	Revision de encofrado previo al vaciado
13	Traslado de Equipos y Herramientas
14	Comunicación operario Mixer - operario
15	
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por demora de mixer
22	Ubicación de mixer
23	Paradas por mala coordinacion
24	Desplazamiento innecesarios
25	Espera a indicaciones
26	
27	
28	
29	
30	

Figura 163

Carta Balance para partida de muros de ladrillo k.k. de soga con mezcla 1:5.

CARTA BALANCE PARTIDA: MURO DE LADRILLO K.K. DE SOGA CON MEZCLA 1:5	PPP-010 SUBTITULO: MURO Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA TITULO: ARQUITECTURA - ARQUITECTURA
NOMBRE DEL PROYECTO:	CODICO UNICO DE INVERSION:

PARTIDA: MURO DE LADRILLO K.K. DE SOGA CON MEZCLA 1:5

	CUADRILLA		
Tiempo (min)	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
RESULTADOS:			
TP	0	0	0
TC	0	0	0
TNC	0	0	0

TP	0
TC	0
TNC	0

	CARGO
OPERARIO 1	OPERARIO
OPERARIO 2	OPERARIO
PEON 1	PEON

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Colocación de ladrillo
2	Aplicación de mortero entre ladrillos
3	Alineamiento, nivelacion y plomado
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
11	Transporte de ladrillo
12	Preparacion de la mezcla
13	Humedecimiento de ladrillos
14	Limpieza del area de trabajo
15	Revision de planos y niveles de referencia
16	
17	
18	
19	
20	

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
21	Espera por materiales
22	Descansos
23	Retrabajos
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Anexo 5. Panel Fotográfico en obra

Figura 164

Vista desde exteriores del tercer proyecto analizado.



Figura 165

Implementación de aceros en obra.



Figura 166

Encofrado en partida de excavaciones.



Figura 167
Control mediante Carta Balance in situ.



Figura 168

Control mediante Carta Balance in situ.



Figura 169

Vista panorámica dentro del área del proyecto.



Figura 170
Encofrado de vigas de cimentación.



Figura 171

Vaciado de concreto en columnas.



Figura 172

Control de partida mediante Carta Balance in situ.



Figura 173

Control de partida mediante Carta Balance.



Figura 174

Control de partida mediante Carta Balance.



Figura 175
Excavación de tierras dentro del proyecto.



Figura 176

Control de partida mediante Carta Balance.



Figura 177

Fotografía del tesista con personal del proyecto.



Figura 178

Control de partida mediante Carta Balance.



Figura 179

Cartel de obra del tercer proyecto analizado.



Figura 180

Cartel de obra del tercer proyecto analizado.

