Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Evaluación del uso de prefabricados mediante la implementación BIM y su impacto en la productividad y el costo del proyecto de infraestructura de la institución educativa Gran Libertador Simón Bolívar

Tesis presentada por:

Carpio Gonzales, Eyner Sandro

ORCID: 0009-0002-5981-5063

Pinto Polanco, Paulo Cesar

ORCID: 0009-0001-6353-913X

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Loayza Rodriguez, Jose 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, 23 de Agosto del 2026

Dictamen: 012859-C-EPIC-2026

Visto el borrador del expediente 012859, presentado por:

2018800431 - CARPIO GONZALES EYNER SANDRO
2018801971 - PINTO POLANCO PAULO CESAR

Titulado:

EVALUACIÓN DEL USO DE PREFABRICADOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN BIM Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD Y EL COSTO DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA GRAN LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

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 DEL USO DE PREFABRICADOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN BIM Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD Y EL COSTO DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA GRAN LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	3%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	vdocuments.site Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uisek.edu.ec Fuente de Internet	<1%
9	www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%
11	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
12	convoca.pe Fuente de Internet	<1%
13	elcomercio.pe Fuente de Internet	<1%
14	Submitted to FUNIBER Trabajo del estudiante	<1%

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico esta tesis a Dios, por iluminar mi camino, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme alcanzar esta importante meta en mi vida profesional y personal.

Asimismo, a mi madre, Marianela, por ser mi primera maestra, por su amor infinito, su apoyo incondicional y por enseñarme, con cada sacrificio, el verdadero significado de la perseverancia. Del mismo modo, a mi padre, Justo, por ser mi mayor ejemplo de integridad, esfuerzo y valores, los cuales me acompañan y guían cada día de mi vida. De igual manera, a mi hermana, Naomi por su cariño y apoyo incondicional.

A todos ustedes, gracias por acompañarme, creer en mí y ser parte fundamental de este logro, que también les pertenece.

Eyner Sandro Carpio Gonzales

Dedico la presente tesis, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la vida, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada dificultad y permitirme alcanzar esta meta importante en mi vida.

Asimismo, dedico este trabajo a mi madre, Verónica, y a mi padre, Rubi, por su amor, apoyo constante, esfuerzo y motivación permanente, siendo el principal impulso para alcanzar esta importante meta profesional, y a mi hermana, Ariana, por su cariño, apoyo y compañía durante todo este proceso. A mi pareja, Priscila, por su comprensión, apoyo y motivación constante en cada etapa de este camino.

A todos ellos, por ser mi inspiración y el pilar fundamental para alcanzar este gran logro.

Paulo César Pinto Polanco

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por iluminar mi camino y darme la fortaleza para alcanzar esta meta; a mi familia, por su amor, apoyo incondicional y por ser mi mayor motivación; a mis amigos, por su compañía, apoyo y por hacer más llevadero este camino con cada experiencia compartida; a mi universidad y docentes, por brindarme los conocimientos y enseñanzas necesarias para mi formación profesional; y, finalmente, al Mg. Jose German Loayza Rodriguez, asesor de tesis, por su guía, apoyo y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación.

Eyner Sandro Carpio Gonzales

A Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar satisfactoriamente la presente investigación; a la Universidad Católica de Santa María, por haber contribuido en mi formación académica y profesional; a mi asesor, por su orientación, conocimientos y apoyo constante durante el desarrollo de esta tesis; y a la empresa Beton Decken, por brindar la información técnica y las facilidades necesarias para la elaboración de la presente investigación. Cada uno de sus aportes fueron importantes para alcanzar este importante logro académico.

Paulo César Pinto Polanco

RESUMEN

El crecimiento de la población urbana ha incrementado la demanda de infraestructura educativa, evidenciando importantes deficiencias en las condiciones de los centros educativos en el Perú, donde el 92.62% de los locales educativos presenta brechas de infraestructura **y** más del 50% requiere intervenciones estructurales, además de limitaciones en servicios básicos. Esta problemática se ve agravada por deficiencias en la planificación y ejecución de obras, que generan retrasos y sobrecostos asociados al uso de métodos constructivos convencionales. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo analizar comparativamente el método constructivo convencional y la implementación de prelosas prefabricadas en la Institución Educativa Gran Simón Bolívar, mediante un enfoque mixto, empleando la metodología BIM a través de softwares. Para ello, se evaluó su incidencia en la coordinación del proyecto, la detección de interferencias, la precisión de metrados y la optimización del presupuesto, además de analizar su impacto en los procesos constructivos, el uso de recursos y los tiempos de ejecución frente al sistema convencional. Como resultado, la implementación de la metodología BIM con el uso de prelosas prefabricadas permitió reducir en un 29% el costo de la partida de losas y disminuir el tiempo de ejecución en un 39.3%, evidenciando mejoras significativas en el proyecto en comparación con el sistema convencional.

Palabras Clave: Modelo de Información de la Construcción (BIM), infraestructura educativa, prelosas prefabricadas.

ABSTRACT

The growth of the urban population has increased the demand for educational infrastructure, revealing significant deficiencies in the conditions of educational facilities in Peru, where 92.62% of school buildings present infrastructure gaps and more than 50% require structural interventions, in addition to limitations in basic services. This issue is further exacerbated by deficiencies in project planning and execution, which lead to delays and cost overruns associated with the use of conventional construction methods.

In this context, the present research aimed to comparatively analyze the conventional construction method and the implementation of prefabricated slab panels (pre-slabs) at the Gran Simón Bolívar Educational Institution, using a mixed-methods approach and applying the BIM methodology through specialized software. To this end, its impact on project coordination, clash detection, quantity takeoff accuracy, and budget optimization was evaluated, as well as its effect on construction processes, resource utilization, and execution time in comparison with the conventional system.

As a result, the implementation of the BIM methodology combined with the use of prefabricated slab panels reduced slab-related costs by 29% and shortened execution time by 39.3%, demonstrating significant improvements in the project compared to the conventional system.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), educational infrastructure, prefabricated slabs.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.1. Planteamiento del problema 4

1.2. Justificación de la investigación 10

1.3. Problemática 12

1.3.1. Problema General 12

1.3.2. Problemas específicos 12

1.4. Hipótesis 12

1.5. Objetivos de la investigación 13

1.5.1. Objetivo general 13

1.5.2. Objetivos específicos 13

1.6. Variables e indicadores 13

CAPÍTULO II 18

2. FUNDAMENTO TEORICO 19

2.1. Estado del arte 19

2.2. Marco teórico 30

2.2.1. Alcance del proyecto 30

2.2.2. Bases teóricas de la metodología BIM 32

2.2.3. Elementos prefabricados 35

2.3. Marco legal 47
CAPÍTULO III 49
3. METODOLOGÍA 50
3.1. Tipo de investigación 50
3.2. Población y muestra 51
3.2.1. Muestra 55
3.3. Alcance y límites 58
3.3.1. Alcance 58
3.3.2. Limitaciones 59
3.4. Caso de estudio 60
3.4.1. Ubicación del proyecto 60
3.4.2. Problemática a solucionar 60
3.4.3. Presupuesto y tiempo de ejecución 60
3.4.4. Planos de edificación 61
3.5. Métodos de investigación 61
3.6. Esquema metodológico 64
CAPÍTULO IV 65
4. RESULTADOS 66
4.1. Comparación de configuración estructurales de sistemas de losas. 66
4.1.1. Configuración de losa tradicional 66
4.1.2. Configuración de propuesta de edificación con sistema de prelosas 69
4.2. Proceso de elaboración de modelo 3D en Revit 73
4.2.1. Datos generales. 73
4.3. Desarrollo del modelo por especialidades en revit 74
4.3.1. Modelo estructural 74

4.3.2. Modelo Arquitectónico 87
4.3.3. Modelo de instalaciones sanitarias 92
4.3.4. Modelamiento de Instalaciones eléctricas 98
4.4. Gestión de incongruencias e interferencias en el Modelo BIM 101
4.4.1. Incongruencias e interferencias entre estructuras e instalaciones sanitarias 102
4.4.2. Incongruencias e interferencias internas en la disciplina de estructuras 103
4.4.3. Incongruencias e interferencias entre estructuras y arquitectura 107
4.4.4. Incongruencias e interferencias internas en la disciplina de arquitectura. 113
4.4.5. Incongruencias e interferencias entre arquitectura y sanitarias 114
4.4.6. Incongruencias e interferencias internas en la disciplina eléctrica. 120
4.5. Proceso de vinculación de modelo Revit con Delphin Express 122
4.5.1. Preparación del programa Delphin Express 122
4.5.2. Exportación del modelo Revit al formato IFC 123
4.5.3. Importación del modelo IFC a Delphin Express 126
4.5.4. Agrupación de elementos a ser metrados 127
4.5.5. Asignación de Costos unitarios para los grupos 130
4.5.6. Metrado BIM 131
4.5.7. Elaboración del presupuesto 132
4.6. Comparación de costos y tiempos entre el sistema de prelosas y el convencional 134
4.6.1. Proceso de elaboración para la comparativa de costos 134
CONCLUSIONES 156
RECOMENDACIONES 159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Falta de una debida planificación urbana 5

Tabla 2 Opiniones de Líderes del Sector de la Construcción sobre el Uso de Elementos Prefabricados 8

Tabla 3 Variables dependientes e independientes 14

Tabla 4 Tabla de estado del arte 20

Tabla 5 Ventajas del uso de prelosas prefabricadas, según distintos fabricantes 39

Tabla 6 Tabla de normativas 48

Tabla 7 Escala y fundamentos de puntaje 52

Tabla 8 Resumen de proyectos de la población de los proyectos de infraestructura educativa 53

Tabla 9 Criterios de selección de muestra de estudio 56

Tabla 10 Tabla de objetivos-métodos 62

Tabla 11 Cálculo de los tiempos de ejecución mediante la información del expediente técnico 145

Tabla 12 Tabla de comparación de precios de costos directos de sistema convencional y sistema con prelosas 152

Tabla 13 Variación de mano de obra, materiales y equipos entre ambos sistemas 153

Tabla 14 Comparación de costos directos, gastos generales, utilidad, subtotal e IGV de ambos sistemas 154

Tabla 15 Comparación de ahorro total de sistema convencional y sistema con prelosas 155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Las 10 regiones con la mayor cantidad de proyectos paralizados 6

Figura 2 Deficiencias en infraestructuras 7

Figura 3 Colocación de Prelosas Beton Decken 10

Figura 4 Matriz de consistencia 16

Figura 5 Nivel de Información necesaria. 33

Figura 6 Ejemplo de Prelosa 37

Figura 7 Detalle de Prelosas prefabricada- General 39

Figura 8 Detalle de Proceso constructivo de Prelosa 41

Figura 9 Requerimiento de puntales mínimos 42

Figura 10 Requerimientos de puntales para luces continuas 42

Figura 11 Configuración de distribución de puntales 43

Figura 12 Proceso de Izaje de prelosas 44

Figura 13 Aplicación de Pegamento Blanco flexible en junta 45

Figura 14 Sellado de juntas etapa acabado en obra 45

Figura 15 Vista en planta de I.E. Gran Libertador Simón Bolívar 61

Figura 16 Cuadro esquema de Objetivos-métodos 64

Figura 17 Plano en planta de losa aligerada primera planta 66

Figura 18 Plano en planta de losa aligerada segunda planta 67

Figura 19 Plano en planta de losa aligerada tercera planta 67

Figura 20 Detalle de losa aligerada espesor 0.25 m 68

Figura 21 Detalle de losa aligerada espesor 0.20 m 68

Figura 22 Detalle de losa maciza espesor 0.20 m 69

Figura 23 Plano de planta del primer nivel con prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor. 70

Figura 24 Plano de planta del segundo nivel con prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor 71
Figura 25 Plano de planta del tercer nivel con prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor 71
Figura 26 Detalle típico de prelosa aligerada 72
Figura 27 Detalle típico de prelosa maciza. 72
Figura 28 Detalle de acero de prelosa aligerada 0.20m 73
Figura 29 Detalle de acero de prelosa maciza espesor 0.20 m. 73
Figura 30 Importación de planos a Revit. 75
Figura 31 Detalle V-1 76
Figura 32 Cuadro de estribos de vigas 77
Figura 33 Especificaciones técnicas de concreto 77
Figura 34 Especificaciones técnicas de recubrimiento 78
Figura 35 Asignación de recubrimiento 78
Figura 36 Cuadro de especificaciones de recubrimiento en programa Revit 79
Figura 37 Propiedades de acero estructural 79
Figura 38 Viga V-1 (0.40 m x 0.20 m) 80
Figura 39 Detalle 1-1 Viga V-1 (0.40 m x 0.20 m) 80
Figura 40 Corte 2-2 Viga V-1 (0.40 m x 0.20 m) 81
Figura 41 Prelosa aligerada espesor 0.20 m 82
Figura 42 Corte transversal de prelosa aligerada espesor 0.20 m 82
Figura 43 Corte en 3D de prelosa maciza espesor 0.20 m 83
Figura 44 Detalle de acero en prelosa maciza espesor 0.20 m 83
Figura 45 Modelado de prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor. 84
Figura 46 Elevación lateral de acero estructural de edificación 85

Figura 47 Vista 3D de acero estructural de edificación 85
Figura 48 Vista de prelosas modeladas en Revit 86
Figura 49 Modelo Estructural en Revit 87
Figura 50 Proceso de vinculación de modelo de estructuras con archivo de arquitectura..... 88
Figura 51 Proceso de importación de planos CAD a Revit..... 88
Figura 52 Creación de niveles en Revit 89
Figura 53 Especificación de Materialidad y Dimensiones de Muros 90
Figura 54 Detalle de muro de albañilería 90
Figura 55 Detalle de puerta, con información y codificación según planos 91
Figura 56 Vista en 3D de la zona de servicios Higiénicos 91
Figura 57 Vista en 3D de la estructura completa..... 92
Figura 58 Vista de laboratorios Química y física 92
Figura 59 Vinculación de modelo arquitectónico con modelo de instalaciones sanitarias. 93
Figura 60 Importación de aparatos sanitarios..... 94
Figura 61 Configuración de diámetros de tuberías de PVC 95
Figura 62 Propiedades de tuberías tipo PVC..... 95
Figura 63 Propiedades de tuberías tipo PVC..... 96
Figura 64 Conexionados de tuberías con aparatos sanitarios 97
Figura 65 Modelado de instalaciones sanitarias 98
Figura 66 Importación de planos CAD 2D a Revit y creación de niveles 99
Figura 67 Incorporación de familias de instalaciones eléctricas en el modelo Revit 99
Figura 68 Configuración de propiedades de tipo para tuberías eléctricas PVC en Revit 100
Figura 69 Vista en planta de modelado de instalaciones eléctricas Software 3D Revit 101
Figura 70 Detalle de interferencia entre elemento estructuras y sanitario 102
Figura 71 Detalle de plano de instalaciones sanitarias..... 103

Figura 72 Detalle de plano de plano de estructuras 103
Figura 73 Incongruencia de información entre detalles estructurales de cimentación 104
Figura 74 Detalle de Zapata típica 104
Figura 75 Detalle vigas de cimentación VC-1 105
Figura 76 Incongruencia de niveles NPT y viga de cimentación 106
Figura 77 Detalle de Zapata típica 106
Figura 78 Detalle de viga de cimentación VC-1 107
Figura 79 Interferencia de NPT entre Arquitectura y Estructuras 108
Figura 80 Plano en planta de Arquitectura 108
Figura 81 Detalle de cimiento corrido de plano de estructuras CC-1 109
Figura 82 Incongruencia de dimensiones de ventana V1" y columna C-2 110
Figura 83 Detalle en plano de arquitectura sobre venta V1" 110
Figura 84 Imagen en planta detalle ventana V1" 111
Figura 85 Incongruencia entre ventana VM3 y columna C-1 112
Figura 86 Detalle de vanos ventanas 112
Figura 87 Vista en planta de ventana VM3 112
Figura 88 Incongruencia dimensional entre ventana V7 y vano de V7 113
Figura 89 Tabla de vanos ventanas 114
Figura 90 Detalle en planta ventana V7 114
Figura 91 Interferencia entre tubería de ventilación y mobiliario arquitectónico 115
Figura 92 Plano de planta de arquitectura 115
Figura 93 Plano de planta de instalaciones sanitarias 116
Figura 94 Detalle de tuberías de agua y desagüe en modelo Revit 117
Figura 95 Plano de planta de instalaciones sanitarias 117
Figura 96 Plano de planta de arquitectura 118

Figura 97 Incongruencia por ausencia de conexiones sanitarias para mobiliario arquitectónico 119
Figura 98 Detalle de plano de instalaciones sanitarias I.E Gran Libertador Simón Bolívar. 119
Figura 99 Detalle de plano de arquitectura I.E Gran Libertador Simón Bolívar..... 120
Figura 100 Tablero de distribución ubicado en columna estructural..... 121
Figura 101 Detalle de STD-04-01, plano de instalaciones eléctricas 121
Figura 102 Lista de Insumos en Delphin Express 123
Figura 103 Partidas de costos unitarios Delphin Express 123
Figura 104 Proceso de exportar el modelo de (.RVT) a (IFC)..... 124
Figura 105 Configuración de exportación del archivo..... 125
Figura 106 Configuración de nivel de detalle de exportación..... 125
Figura 107 Configuración de exportación de cantidades 126
Figura 108 Importación de archivo (IFC) a Delphin Express 127
Figura 109 Importación de archivo IFC de estructuras..... 127
Figura 110 Agrupación de prelosas aligeradas en Delphin Express..... 128
Figura 111 Agrupación de prelosas macizas en Delphin Express 129
Figura 112 Agrupación de concreto in situ para prelosas aligeradas..... 129
Figura 113 Agrupación de concreto in situ para prelosas macizas..... 130
Figura 114 Proceso de vinculación de costos unitarios a agrupaciones de elementos 130
Figura 115 Asignación de metrado de prelosas aligeradas a partidas de costos unitarios.... 131
Figura 116 Asignación de metrado de prelosas macizas a partidas de costos unitarios 131
Figura 117 Elaboración de presupuesto prelosas aligeradas 132
Figura 118 Elaboración de presupuesto prelosas macizas 133
Figura 119 Elaboración presupuesto concreto in situ prelosas aligeradas..... 133
Figura 120 Elaboración de presupuesto concreto in situ prelosas macizas..... 134

Figura 121 Costos unitarios de concreto 210 kg/cm2 de losa aligerada 134
Figura 122 Costos unitarios de encofrado y desencofrada losa aligerada..... 135
Figura 123 Costos unitarios de acero grado 60 losa aligerada 135
Figura 124 Costos unitarios de ladrillo hueco 15x30x30 losa aligerada 136
Figura 125 Costos unitarios de ladrillo hueco 20x30x30 losa aligerada 136
Figura 126 Costos unitarios losa maciza concreto 210 Kg/cm2..... 137
Figura 127 Costos unitarios encofrado y desencofrado losas macizas 137
Figura 128 Costos unitarios acero grado 60 losas macizas 138
Figura 129 Costos unitarios de Cielorraso con Mezcla 138
Figura 130 Costos unitarios de apuntalamiento prelosa aligerada 139
Figura 131 Costos unitarios de concreto premezclado kg/cm2 139
Figura 132 Costos unitarios de habilitación y colocación de acero losa aligerada..... 140
Figura 133 Costos unitarios de sellado de juntas losa aligerada 140
Figura 134 Costos unitarios de suministro y colocación de prelosa aligerada..... 141
Figura 135 Costos unitarios de apuntalamiento en prelosa maciza 141
Figura 136 Costos unitarios de concreto premezclado 210 kg/cm2 prelosa maciza 142
Figura 137 Costos unitarios de habilitación y colocación de acero prelosas macizas..... 142
Figura 138 Costos unitarios de sellado de juntas prelosas macizas..... 143
Figura 139 Costos unitarios de suministro y colocación de prelosa maciza..... 143
Figura 140 Cronograma de proyecto método convencional en días calendario..... 146
Figura 141 Cronograma de proyecto método de prelosas prefabricadas 148
Figura 142 Presupuesto de losas aligeradas y macizas modelo convencional 150
Figura 143 Presupuesto de losas aligeradas y macizas implementando elementos prefabricados 151
Figura 144 Diagrama de barras comparación de costos directos 152

Figura 145 Diagrama de barras variación de mano de obra, materiales y equipos 153

Figura 146 Diagrama comparativo de barras del sistema convencional y el sistema con prelosas 154

Figura 147 Diagrama comparativo de ahorro total entre ambos sistemas 155

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de autorización para uso de información de expediente técnico 169

INTRODUCCIÓN

En el Perú, las infraestructuras educativas presentan diversas deficiencias relacionadas a la calidad de la construcción, la disponibilidad de servicios básicos y la seguridad estructural de las edificaciones. De igual manera, se evidencian problemas frecuentes en la ejecución de proyectos, tales como retrasos, sobrecostos y obras inconclusas, los cuales están asociados, en gran medida, al uso de métodos constructivos convencionales que presentan limitaciones en la planificación, coordinación y control de los procesos constructivos. Estas condiciones generan ambientes inadecuados para el desarrollo de las actividades escolares, lo que pone en evidencia la necesidad de implementar nuevas metodologías y tecnologías que permitan mejorar la ejecución de proyectos de infraestructura educativa.

Frente a este escenario, la metodología Building Information Modeling (BIM) surge como una herramienta clave para optimizar la gestión de proyectos, al permitir una mejor integración de la información, mayor coordinación entre especialidades y una planificación más eficiente. De manera complementaria, el uso de elementos prefabricados representa una alternativa constructiva que contribuye a reducir los tiempos de ejecución y optimizar el uso de recursos mediante procesos industrializados.

En ese sentido, la presente investigación se centrará en la implementación de la metodología BIM con el uso de prelosas prefabricados en la I.E Gran Libertador Simón Bolívar, comparándola con el método constructivo convencional, con la finalidad de evaluar los beneficios en términos de costo y tiempo de ejecución.

El modelo propuesto incorporará el uso de herramientas digitales como Revit para el modelado de la edificación de las disciplinas: estructural, arquitectónica, sanitaria y eléctrica, permitiendo mejorar la coordinación del proyecto y la detección de interferencias e incongruencias en comparación con el método convencional de control de obra. Asimismo, plantea la implementación de un flujo de trabajo BIM que integra el modelado con el uso del

software Delphin Express para la generación de metrados automáticos, elaboración del presupuesto y cronograma de ejecución de obra, reduciendo errores en la cuantificación y en el cálculo de costos, lo cual se refleja en una mayor precisión del presupuesto y en la optimización de los tiempos de ejecución de la obra. De igual manera, integrará la comparación del uso de prelosas prefabricadas como sistema constructivo alternativo frente al método convencional de losas, con el propósito de analizar su impacto en el costo y en el tiempo de ejecución del proyecto.

Finalmente, se buscará aportar evidencia que respalde la adopción de soluciones innovadoras que contribuyan a la reducción de costos y a la optimización de los plazos de ejecución.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Objetivo de Desarrollo Sostenible N°11 (ODS N°11) pretende conseguir ciudades y comunidades sostenibles, lo cual debe lograrse mediante el acceso a viviendas, servicios básicos y medios de transporte para toda la población. La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015) espera que este punto se pueda lograr en el año 2030.

Los reportes según la ONU (2023), sobre la población mundial indican que se alcanzó los 8000 millones de personas en noviembre de 2022. De las cuales el 55% viven actualmente en zonas urbanas, una cifra que se prevé que llegará a un 70% para el año 2050. Este crecimiento poblacional intensifica la demanda de infraestructura educativa, especialmente en ciudades que experimentan una mayor concentración de habitantes.

En Perú, datos nacionales proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023) indican que en el año 2023 se llegó a los 33 millones 726 mil habitantes y se estima que para el año 2050 se podría llegar a 39 millones 363 mil habitantes.

Ciriaco (2024) indica que el Ministerio de Educación (MINEDU), a comienzos del año escolar 2024, reveló cifras alarmantes sobre el estado y condiciones con las que se inició el año escolar, dando a conocer que alrededor de 1.4 millones de menores empezaron el año sin acceso a agua y que lo clasificó como servicio inadecuado, caso que se vio reflejado en 55% de centros educativos, además de revelar que casi un millón de menores estudian con un servicio de alcantarillado deficiente o ausente y esto se vio reflejado en el 41% de instituciones educativas, mientras que, por otro lado, se vio que cerca de 10 mil centros educativos con carencias en energía eléctrica el servicio es inadecuado, y mostrando el dato alarmante de que la cantidad de colegios que necesitan una demolición del 100%, este dato fue la cifra del 52%, lo que representa un riesgo significativo ante eventos sísmicos o desastres naturales, cifras que

resaltan la necesidad urgente de intervenir en gran parte de las instituciones educativas para garantizar un ambiente seguro y adecuado para los estudiantes.

Por otro lado, se pueden observar estadísticas sobre la condición en la que se encuentran diferentes edificaciones privadas y públicas, tales como viviendas, colegios y hospitales. La falta de una debida planificación urbana se puede reflejar en la Tabla 1:

Tabla 1

Falta de una debida planificación urbana

Problema	Relevancia
Déficit habitacional en el Perú	Según Ciriaco (2023), casi 1,7 millones de familias peruanas no tienen una vivienda o cuentan con una en malas condiciones, lo que se conoce como déficit cuantitativo y cualitativo, respectivamente.
Infraestructura educativa, la otra pandemia del Perú	Según datos del MINEDU (como se cita en Mc Cubbin, 2024), 55,358 locales educativos que existen a nivel nacional, solo el 4,087, se encuentran con brecha cerrada. Esto significa que 51,271 escuelas, que equivale 92.62 % del total, necesita algún tipo de intervención.
Infraestructuras hospitalarias antiguas y obsoletas	Según datos de la Asociación Peruana de Arquitectos e Ingenieros Hospitalarios (como se cita en Chero y Yabar, 2023), 181 hospitales pertenecientes al Minsa el 16% son menores a 25 años de antigüedad, el 37% están entre 25 a 50 años de antigüedad y el 36% es mayor a 50 años de antigüedad.

Después de analizar los datos preocupantes que se presentan en la Tabla 1, la investigación se centrará en el punto N°2, debido a que en el tema de instituciones educativas a lo largo de los años se vienen presentando una infinidad de problemas desde el comienzo de la planificación, la ejecución y la entrega del proyecto. Estos problemas afectan al bienestar de

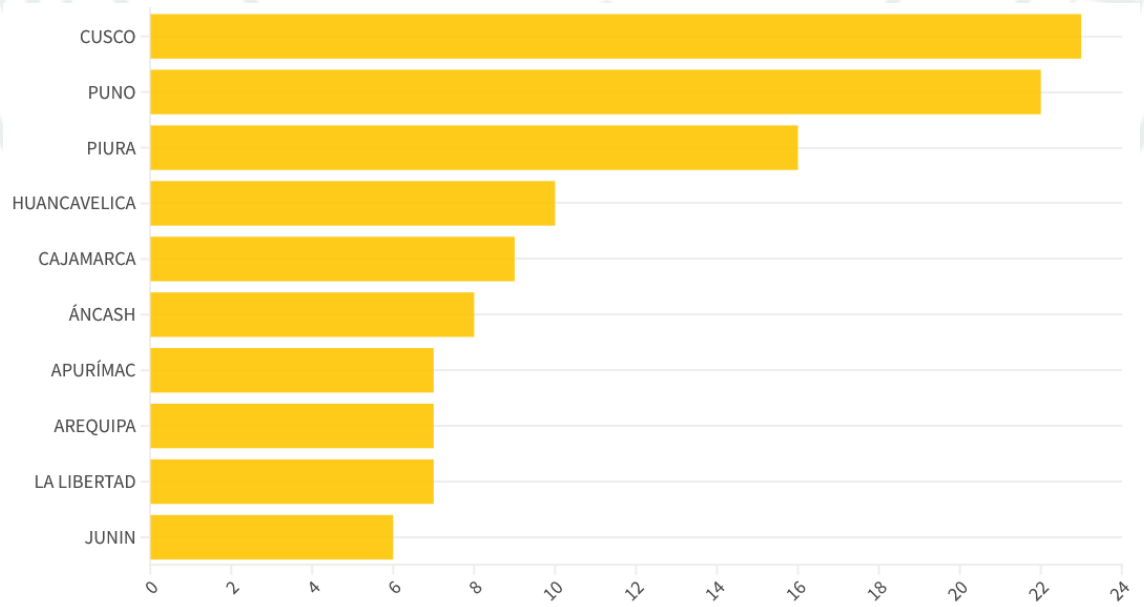
los estudiantes debido a que se presentan problemas con infraestructura, falta de servicios básicos como el agua y la luz, entre otros problemas.

Pérez (2024) reportó en el diario Convoca.pe que obtuvo acceso a las obras supervisadas por la Contraloría General de la República, revelando que la mayoría de los proyectos con escuelas afectadas se encuentran en las siguientes diez regiones: Cusco (23 proyectos), Puno (22), Piura (16), Huancavelica (10), Cajamarca (9), Áncash (7), Apurímac (7), Arequipa (7), La Libertad (7) y Junín (6), identificando en total 115 proyectos, de los cuales 82 experimentaron un aumento en su presupuesto, acumulando un incremento de S/ 138,648,000.

Otro punto que llama la atención es que el 55% de estas obras fueron ejecutadas por administración directa (por 77 gobiernos subnacionales). Es decir, no fueron adjudicadas por concurso público a un proveedor privado, sino que las mismas entidades las llevan a cabo con sus propios medios (Pérez, 2024).

Figura 1

Las 10 regiones con la mayor cantidad de proyectos paralizados



Nota. De "Más de 2.800 escolares estudian en colegios con obras que llevan más de una década paralizadas", por Pérez, 2024.

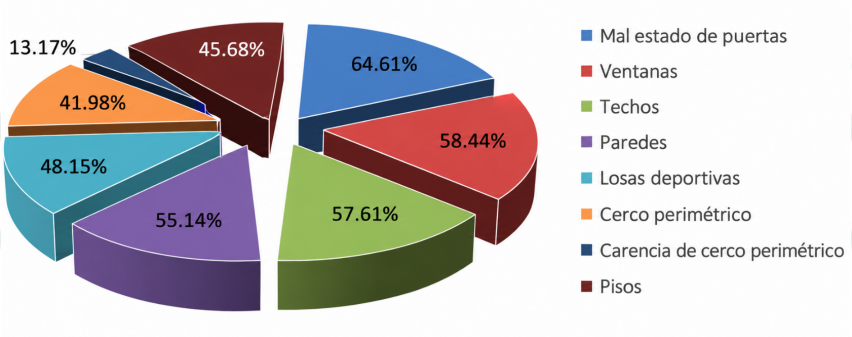
El presente estudio se centrará en la ciudad de Arequipa. Se presenta más a detalle los resultados proporcionados por la Controlaría General en su operativo denominado Operativo Nacional “Buen inicio del Año Escolar 2022”.

En Arequipa, el operativo consideró una muestra representativa de 258 instituciones educativas públicas de primaria y secundaria de las 8 provincias de la región; sin embargo, la información finalmente fue recogida de 243 de las instituciones debido a que 15 de ellas estaban cerradas durante la visita (Contraloría General de la República, 2022).

Según la Contraloría General de la República (2022), de la información recogida en dichas 243 instituciones, se observó que en su mayoría presentan mal estado en puertas (157 – 64.61%), techos (140 – 57.61%), ventanas (142 – 58.44%), paredes (134 – 55.14%), pisos (111 – 45.68%), losas deportivas (117 – 48.15%), cerco perimétrico (102 – 41.98%) o la carencia de infraestructura como cerco perimétrico (32 – 13.17%). A continuación en Figura 2, se presentan los datos mencionados previamente de manera resumida y representados gráficamente.

Figura 2

Deficiencias en infraestructuras



Nota. Adaptado de “Contraloría detectó problemas de infraestructura, servicios básicos e Internet en Instituciones Educativas Públicas de Arequipa”, por Contraloría General de la República, 2022.

Se observa una serie de problemas en la construcción de las instituciones educativas en los distintos departamentos del país. En la imagen se observa que, dentro del análisis de las instituciones educativas, los techos representan uno de los principales problemas identificados, alcanzando un porcentaje significativo de incidencia (aproximadamente 58.44% según la Figura 2).

Es por ello que se debe implementar tecnologías, materiales o elementos que permitan reducir la probabilidad de retraso, por lo tanto, la presente propuesta viene acompañada de la implementación de elementos prefabricados. Paredes (2023) señala que entre las ventajas de estos elementos se encuentran la mano de obra especializada y un rendimiento mejorado, lo que permite una rápida instalación debido a que el montaje de los elementos prefabricados (vigas, columnas, muros, losas pretensadas) es sencillo y requiere de herramientas simples y portátiles.

El sector de los elementos prefabricados va tomando fuerza con el pasar de los años como muestra de ello. A continuación, se presenta una recopilación de opiniones de directores de algunas de las empresas lideres en el sector de la construcción. Sus perspectivas muestran cómo se va implementando los prefabricados tanto en Perú como en Latinoamérica. Los comentarios se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2

Opiniones de Líderes del Sector de la Construcción sobre el Uso de Elementos Prefabricados

Empresa	Representante	Opinión
UNICON	Ing. Fabian Agudelo, gerente de Unidad de Negocios en UNICON	Comenta que implementar elementos prefabricados es un gran reto. A pesar de esto comenta que un edificio típico puede llevar a obtener una reducción de plazos del 25% (Optimiza Contratistas, 2020).

Mixercon	Ing. Werner Megal, administrador de prelistos	Comenta que el uso de los prefabricados incrementa la productividad. Permitiendo reducir encofrados, la minimización de partidas de acabados entre otros factores, por lo que los elementos prefabricados reducen los tiempos de construcción en un intervalo del 10% al 20% respecto a un sistema convencional (Optimiza Contratistas, 2020).
Pacasmayo	Ing. Carlos Millasaky, representante del Negocio de Prefabricados de la empresa Cementos Pacasmayo	Sostiene que la utilización de elementos prefabricados se relaciona de manera directa con la productividad. Comenta que se existen prefabricados que reducen personal, horas de trabajo y otros que pueden convertir meses de trabajo en unos pocos días (Optimiza Contratistas, 2020).
Beton Decken	Información de la página web principal de la empresa Beton Decken.	Según la empresa Beton Decken (s.f.-b), la implementación de elementos prefabricados puede generar una reducción aproximada del 13% en los costos de la construcción y hasta un 30% en los tiempos de ejecución comparado al sistema de construcción convencional.

Para la presente investigación se utilizó el sistema de prelosas Beton Decken, el cual es un método constructivo no convencional basado en elementos prefabricados de concreto, contando con la aprobación del estado según la Resolución Ministerial 69-2018-VIVIENDA (2018) y dispone de la certificación ISO 9001:2015., pudiendo implementarse en estructuras de gran altura como edificios multifamiliares, viviendas, instituciones educativas, puentes, entre otros, teniendo entre sus principales ventajas la rapidez de montaje, que permite instalar hasta 150 m² por hora bajo determinadas condiciones de instalación, además de permitir reducir considerablemente el uso de encofrados convencionales y apuntalamientos, favoreciendo espacios de trabajo más ordenados y limpios, mientras que la incorporación de bloques de poliestireno disminuye el peso propio de la losa y el volumen de concreto requerido en obra (Beton Decken, s.f.-b).

Figura 3

Colocación de Prelosas Beton Decken



Nota. De “Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico”, por Beton Decken, s.f.-b

Por otro lado, la metodología BIM viene tomando fuerza en el sector constructivo. Es por ello, que el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2019) creó el PLAN BIM PERÚ, este plan nace al reconocer la necesidad de modernización y digitalización, este se lleva a cabo desde 2019 hasta el 2030, donde la finalidad de este plan es llegar a la obligatoriedad normada de BIM en todo el sector público en el año 2030 siendo que actualmente ya se cuenta con una Guía Nacional BIM, lo cual se encuentra entre los plazos planteados por el plan antes mencionado.

Es por ello que, en el presente estudio, se empleará la metodología BIM con la finalidad de reducir errores como interferencias, sobre-cálculos y conflictos entre disciplinas; mientras que la implementación de prelosas prefabricadas, será evaluada para determinar su impacto en el tiempo de construcción y en los costos de las edificaciones.

1.2. Justificación de la investigación

La presente investigación analizará los beneficios de usar la metodología BIM (Building Information Modeling) en la implementación de prelosas prefabricadas en instituciones educativas. Este método constructivo cada vez está ganando relevancia en la

industria de la construcción moderna debido a que se presentan ventajas como la reducción de costos, aceleración de tiempos, mejora en la calidad, producción industrializada, menos personal, entre otros.

Por otro lado, el uso de la metodología BIM permite una representación digital detallada de la edificación, optimizando el diseño y la planificación en proyectos.

La presente investigación es altamente conveniente, ya que aborda un vacío significativo en la aplicación práctica de la metodología BIM en edificaciones que incorporan elementos prefabricados, específicamente prelosas. En la actualidad, la limitada integración de la metodología BIM en la construcción prefabricada restringe la optimización de recursos, el control de costos y la eficiencia en los procesos constructivos, lo que dificulta la mejora del desempeño del proyecto y la adopción de estándares de mayor calidad en la industria de la construcción.

Se busca profundizar en la compresión de como la integración de BIM puede mejorar la eficiencia en el diseño, planificación y construcción de edificaciones prefabricadas. Se pretende proporcionar información valiosa que actualmente falta en literatura y la práctica profesional. El aporte de esta investigación es proporcionar pautas para mejorar el análisis y la recopilación de datos en el contexto de construcciones prefabricadas con herramientas de gestión de la información.

Los beneficiarios de los resultados de esta investigación serían los profesionales de la construcción, empresas del sector, entidades gubernamentales y la sociedad en general. Los beneficios serían tales como que los profesionales obtendrán herramientas para poder mejorar sus procesos de diseño y construcción, las empresas lograran una mayor eficiencia operativa, las entidades gubernamentales podrán promover estándares de construcción más avanzados, y por último la sociedad tendría beneficios como que las edificaciones sean más seguras, sostenibles y económicamente viables.

La investigación es viable en términos de tiempo y recursos, ya que se cuenta con acceso a tecnologías BIM, en bases de datos relevantes y se podrá contar con la colaboración de profesionales de la industria.

1.3. Problemática

1.3.1. Problema General

¿Cómo analizar la implementación de la metodología BIM en la I.E. Gran Libertador Simón Bolívar, con el uso de elementos prefabricados, para evaluar el impacto en la productividad y el costo del proyecto?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué ventajas se obtienen de implementar la metodología BIM mediante el uso del software Revit, para el modelado de la Institución Educativa Gran Libertador Simón Bolívar utilizando prelosas prefabricadas?
- ¿Cómo implementar un flujo de trabajo BIM Revit–Delphin Express para generar metrados automáticos y desarrollar un presupuesto preciso que optimice la toma de decisiones en la etapa de planificación?
- ¿De qué manera se puede comparar la utilización de prelosas prefabricadas como método constructivo alternativo, con el sistema convencional de losas aligeradas y macizas, analizando el impacto en los procesos constructivos y en el uso de los recursos?

1.4. Hipótesis

La implementación de la metodología BIM aplicada al sistema de prelosas prefabricadas mejora la productividad del proceso constructivo y reduce el costo total del proyecto, en comparación con el sistema convencional de losas aligeradas y macizas.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Analizar la implementación de la metodología BIM en la I.E. Gran libertador Simón Bolívar con elementos prefabricados, para evaluar el impacto en la productividad y el costo del proyecto.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar cómo la aplicación de la metodología BIM, mediante el uso del software Revit para el modelado con prelosas prefabricadas, contribuye a mejorar la coordinación del proyecto y la detección de interferencias e incongruencias, en comparación con el control de obra tradicional basado en 2D y revisión manual.
- Implementar un flujo de trabajo BIM Revit–Delphin Express para generar metrados automáticos y desarrollar un presupuesto preciso que optimice la toma de decisiones durante la etapa de planificación frente al expediente técnico original.
- Comparar la utilización de prelosas prefabricadas como método constructivo alternativo, con el sistema convencional de losas aligeradas y macizas del expediente de la I.E Gran Libertador Simón Bolívar, analizando el impacto en los procesos constructivos y en el uso de los recursos.

1.6. Variables e indicadores

En la presente investigación se busca optimizar la productividad y los costos del proyecto mediante la implementación de metodología BIM y la incorporación de prelosas prefabricadas en el proceso constructivo.

La variable dependiente es productividad y costos del proyecto, entendida como el desempeño del proceso constructivo en términos de tiempo, precisión de metrados y eficiencia del proceso para el control de los costos del proyecto.

Por otro lado, la variable independiente es la implementación de la metodología BIM más el uso de prelosas prefabricadas, que por medio del modelado y las herramientas digitales (como softwares Revit y Delphin Express) aplicados en proyectos de construcción. Estas variables se orientan a mejorar la productividad, optimización en la planificación del proyecto, la obtención de interferencias por medias de las cuales se reducen metrados adicionales que estaban contemplados en el proyecto original e incongruencias en la etapa de formulación.

Tabla 3

Variables dependientes e independientes

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Independiente: Uso de herramientas BIM + prelosas prefabricadas	Herramientas BIM y elementos prefabricados para optimizar el modelado, planificación y del proyecto.	Implementación BIM	Nivel de desarrollo del modelo (LOD) y nivel de Información (LOI)	Ordinal
			Interferencias detectadas	Numérico
		Variación entre metrados manuales y BIM	Porcentaje de metrados automáticos	Porcentaje
		Tiempo de instalación prelosas prefabricadas.	Rendimiento de montaje	Numérico
Dependiente:	Resultados del proyecto relacionados con el uso eficiente de recursos,	Tiempo	Tiempo de ejecución total en días.	Numérico

Productividad y costos de proyecto	como mano de obra, materiales, equipos y subcontratos lo cual permite la adecuada gestión del tiempo y del presupuesto del proyecto.	Costo de proyecto	Variación del costo total.	Porcentaje

Figura 4

Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS
¿Cómo analizar la implementación de la metodología BIM en la I.E. Gran Libertador Simón Bolívar, con el uso de elementos prefabricados, para evaluar el impacto en la productividad y el costo del proyecto?	Analizar la implementación de la metodología BIM en la I.E. Gran libertador Simón Bolivar con elementos prefabricados, para evaluar el impacto en la productividad y el costo del proyecto.	La implementación de la metodología BIM aplicada al sistema de prelosas prefabricadas mejora la productividad del proceso constructivo y reduce el costo total del proyecto, en comparación con el sistema convencional de losas aligeradas y macizas.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	
¿Qué ventajas se obtienen de implementar la metodología BIM mediante el uso de software Revit, para el modelado de la Institución Educativa utilizando prelosas prefabricadas?	Evaluar cómo la aplicación de la metodología BIM, mediante el uso del software Revit para el modelado con prelosas prefabricadas, contribuye a mejorar la coordinación del proyecto y la detección de interferencias e incongruencias, en comparación con el control de obra tradicional basado en 2D y revisión manual.	
¿Cómo implementar un flujo de trabajo BIM Revit–Delphin Express para generar metrados automáticos y desarrollar un presupuesto preciso que optimice la toma de decisiones en la etapa de planificación?	Implementar un flujo de trabajo BIM Revit–Delphin Express para generar metrados automáticos y desarrollar un presupuesto preciso que optimice la toma de decisiones durante la etapa de planificación frente al expediente técnico original.	
De qué manera se puede comparar la utilización de prelosas prefabricadas como método constructivo alternativo, con el sistema convencional de losas aligeradas y macizas, analizando el impacto en los procesos constructivos y en el uso de los recursos?	Comparar la utilización de prelosas prefabricadas como método constructivo alternativo, con el sistema convencional de losas aligeradas y macizas del expediente de la I.E Gran Libertador Simon Bolivar, analizando el impacto en los procesos constructivos y en el uso de los recursos.	

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO DE MEDICION	FUENTE DE INFORMACION
Independiente: Uso de herramientas BIM + prelosas prefabricadas	Implementación BIM	Nivel de desarrollo del modelo (LOD) y nivel de Información (LOI)	Evaluación del grado de desarrollo geométrico (LOD) y del nivel de información (LOI) incorporado al modelo BIM, verificando su correspondencia con la información contenida en el expediente técnico.	Expediente técnico y modelo BIM desarrollado en Autodesk Revit.
		Interferencias detectadas	Identificación y registro de interferencias mediante la comparación entre los planos del expediente técnico y los modelos tridimensionales desarrollados en Revit para cada especialidad, verificando las incompatibilidades entre arquitectura, estructuras e instalaciones.	Expediente técnico y modelos BIM desarrollados en Autodesk Revit.
	Cuantificación de metrados	Porcentaje de metrados automáticos	Comparación entre los metrados obtenidos del expediente técnico y los metrados extraídos automáticamente del modelo BIM mediante Delphin Express, determinando la variación entre ambos.	Expediente técnico, modelo BIM y reportes de Delphin Express.
	Tiempo de instalación prelosas prefabricadas.	Rendimiento de montaje	Comparación del tiempo requerido para la ejecución del sistema convencional y del sistema con prelosas prefabricadas mediante el análisis de la programación de obra desarrollada para ambos sistemas constructivos.	Cronograma del expediente técnico, programación en MS Project y modelo BIM.
Dependiente: Productividad y costos de proyecto	Tiempo	Tiempo de ejecución total en días.	Comparación entre el cronograma del sistema convencional y el cronograma del sistema con prelosas prefabricadas, determinando la variación en el tiempo total de ejecución mediante MS Project.	Cronograma del expediente técnico, cronograma desarrollado en MS Project y programación obtenida mediante Delphin Express.
	Costo de proyecto	Variación del costo total.	Comparación entre el presupuesto del sistema convencional y el presupuesto obtenido mediante la implementación de prelosas prefabricadas, determinando la variación porcentual del costo total del proyecto.	Presupuesto del expediente técnico, metrados del modelo BIM y presupuesto generado mediante Delphin Express.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEORICO

2.1. Estado del arte

En el contexto actual, resulta imperativo promover la necesidad de llevar a cabo investigaciones que impulsen y fomenten la adopción de la metodología BIM en el ámbito de las edificaciones prefabricadas. El propósito principal es identificar y abordar los desafíos que obstaculizan el camino hacia la consecución de estándares de la mejora en la construcción. Esta investigación en particular se propone mitigar dichos desafíos y establecer un sólido marco teórico que oriente la implementación efectiva de la metodología BIM en proyectos que utilicen elementos prefabricados.

La investigación se centra específicamente en el contexto peruano, donde el uso de elementos prefabricados enfrenta desafíos considerables debido a problemas de gestión y otros factores.

El sistema de prelosas cuenta con una larga trayectoria de aplicación internacional, habiendo antecedentes técnicos que indican que este tipo de solución prefabricada llegó a representar alrededor del 60% de las obras de losas suspendidas, alcanzando niveles de producción estimados en 80 millones de metros cuadrados; además, su configuración permite combinar elemento prefabricados con concreto vaciado en obra, manteniendo la integridad estructural y el comportamiento monolítico de la losa (Humes, 2001). En el Perú, este tipo de entrepiso se viene utilizando desde 1995 (Beton Decken, s.f.-b).

La Tabla 4 que se presenta a continuación de manera concisa y resumida, exhibe una matriz que resume los antecedentes relevantes para nuestro estudio. Esta tabla resalta las similitudes y características compartidas que resultan fundamentales para una comprensión más sólida del tema.

Tabla 4

Tabla de estado del arte

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
1	Li et al. (2019)	Se trata de buscar un modelo que mejore la producción de viviendas prefabricadas mediante el uso de BIM. Basándose en 3 pilares fundamentales, que incluyen la plataforma BIM inteligente (SBP), los paquetes de trabajo inteligentes (SWP) y los objetos PHP inteligentes (SPO).	El estudio concluye que enriquece los enfoques de planificación y control de la gestión de proyectos, en particular en el campo PHP (Producción de viviendas prefabricadas).	Artículo científico	Scopus / Web of Science
2	Xu et al. (2023)	El presente estudio trata de encontrar las diferentes barreras que existen entre las diferentes partes interesadas en la construcción de viviendas prefabricadas. El estudio trata de encontrar diferentes rutas de transmisión efectivas.	Después de una investigación bibliográfica y entrevistas con grupos de discusión, se establecieron 15 barreras entre PC (Construcción prefabricada) y BIM. Estas barreras se determinaron entre 7 partes interesadas.	Artículo científico	Scopus / Web of Science

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
3	Guo et al. (2017)	En el presente artículo analiza las ventajas de edificaciones prefabricadas y de la tecnología BIM para finalmente explorar la aplicación de la tecnología BIM a dichas edificaciones prefabricadas. El objetivo es la racionalización y cientificidad de la gestión de una edificación prefabricada.	El documento concluye que la integración de BIM en edificios prefabricados ofrece un camino prometedor hacia la modernización de la industria de la construcción y su alineación con principios de sostenibilidad.	Artículo de congreso	Scopus
4	Fang et al. (2023)	En el presente artículo muestran un estudio de mercado a las diferentes partes interesadas en la construcción de edificaciones prefabricadas. Obteniendo que BIM se aplicó sobre todo en el diseño y construcción de edificaciones prefabricadas.	Después de recoger 127 cuestionarios y 12 entrevistas a partes interesadas. Demuestran que la metodología BIM es más frecuente que la metodología LC (Lean Construction) en proyectos PHC (Construcción de viviendas prefabricadas).	Artículo científico	Scopus / Web of Science
5	Ji et al. (2020)	La investigación tiene como objetivo un análisis ambiental comparativo de	Se concluyo que una disminución del 70.57% en	Artículo científico	Scopus / Web of Science

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
		construcción convencional y prefabricadas utilizando la tecnología BIM. Los resultados del estudio demuestran que las edificaciones prefabricadas tienen un desempeño mucho más respetuoso con el medio ambiente.	emisiones de carbono. A la vez que el uso de metodologías como BIM permite el modelado preciso de rendimiento de los edificios.		
6	Zhao et al. (2019)	Los proyectos de prefabricación ofrecen ventajas económicas y ambientales, pero desafíos persisten. Para mejorar su desempeño, este estudio introduce un método innovador que emplea tecnologías La Identificación por Radio Frecuencia (RFID), LoRa, redes de sensores y BIM en la nube. El sistema localiza y monitorea componentes en tiempo real, mejorando su instalación y rendimiento. Las pruebas en un	La investigación llega a 3 conclusiones. En primer lugar, permite combinar, categorizar y analizar todos los datos de forma automática, esto reducen los costos asociados con los procesos manuales. En segundo lugar, facilita la toma de decisiones y por último mejora el rendimiento del Proyecto.	Artículo científico	Scopus / Web of Science

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
		proyecto real validan su eficacia y fiabilidad.			
7	Yang et al. (2023)	La presente investigación proporciona una nueva metodología donde se llega a crear una plataforma en la que se utilizara una ecuación. La cual se empleará para analizar las elecciones estratégicas de ambos participantes	La intensidad y los costos de los incentivos gubernamentales, así como los beneficios sociales y ambientales de las empresas de construcción prefabricada, afectan conjuntamente la toma de decisiones de ambas partes.	Artículo científico	Scopus
8	Li et al. (2017)	El articulo comenta que la construcción con prefabricados tiene su lado muy favorable, pero a la vez viene con problemas. Algunos problemas que se presentan son los procesos de diseño de edificios, producción de componentes prefabricados, logística e instalación de prefabricados. Para mitigar estos	Se Desarrollo una Plataforma BIM en tiempo real habilitada por RFID que integra a varias partes interesadas, procesos de fabricación, flujo de información logrando mitigar la influencia de los riesgos de	Artículo científico	Scopus / Web of Science

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
		inconvenientes se puede utilizar la metodología BIM.	cronograma en el desempeño de este mismo.		
9	Mostafa et al. (2020)	Este estudio examina la integración de BIM en la industria de la prefabricación en Australia, destacando desafíos y ventajas como la reducción de errores de diseño y la personalización masiva. La comunicación oportuna es clave para el éxito. El estudio ofrece ideas prácticas para utilizar BIM de manera efectiva en la prefabricación de viviendas, contribuyendo a mejorar la productividad en el contexto australiano.	La adopción de BIM en la prefabricación mejora la eficiencia y calidad al reducir errores y optimizar la coordinación entre actores clave, aunque enfrenta barreras como resistencia al cambio y falta de formación. Su potencial radica en transformar procesos y aumentar la productividad en la construcción, especialmente en vivienda.	Artículo científico	Scopus / Web of Science
10	Xiao y Bhola (2022)	La tecnología BIM se utiliza para el diseño colaborativo de edificios prefabricados. Este estudio compara BIM con métodos convencionales y	El estudio concluye que la integración de la tecnología BIM en el diseño y optimización de sistemas de	Artículo científico	Scopus

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
		establece un modelo conceptual para mejorar la precisión en distintas etapas de diseño. Las herramientas paramétricas demuestran la efectividad de este enfoque.	construcción prefabricada mejora significativamente la eficiencia y precisión en todas las etapas del proyecto. Al emplear herramientas de diseño paramétrico como Dynamo y Structural Precast para Revit, se facilita la división de componentes prefabricados		
11	Bataglin et al. (2020)	El artículo aborda la creciente adopción de sistemas de construcción prefabricada para reducir costos y mejorar la calidad. Propone un modelo que integra instalación en sitio y logística en entornos de ingeniería a pedido, utilizando principios de producción Lean y Building Information Modeling (BIM).	La investigación de Fernanda S. Bataglin concluye que la integración de Lean Construction y BIM en la planificación y control de sistemas prefabricados bajo pedido mejora la coordinación, reduce la variabilidad y eleva la	Artículo científico	Scopus / Web of Science

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
			eficiencia y calidad de los proyectos personalizados, respondiendo eficazmente a la demanda real.		
12	Arevalo y Soto (2022)	La presente tesis busca dar a conocer la actualidad de la metodología BIM en el país y también explica la historia de esta metodología. Esta tesis también presenta las diferentes aplicaciones de BIM en distintas etapas de un proyecto.	Su implementación adecuada mejora la comunicación, reduce errores y optimiza la gestión de información del proyecto. El uso de estándares abiertos y flujos de trabajo coordinados facilita la participación de todos los actores involucrados.	Tesis de pregrado	No aplica
13	Flores et al. (2018)	La presente tesis es una clase de estudio ya aplicado en la ciudad de Puno. Dicha investigación propone la construcción de viviendas prefabricadas de concreto utilizando la metodología BIM. Esta	El estudio concluye que el uso de BIM en viviendas prefabricadas mejora la planificación, facilita la coordinación entre especialidades y reduce	Tesis de maestría	No aplica

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
		tesis nace de una necesidad de viviendas por el crecimiento demográfico.	errores y tiempos de ejecución. Asimismo, resaltan que esta combinación tecnológica y constructiva representa una solución viable y eficiente frente al crecimiento demográfico y la necesidad urgente de nuevas viviendas.		
14	Martínez (2019)	La tesis presenta una propuesta de edificaciones industriales utilizando elementos prefabricados y la metodología BIM. Para este tipo de diseños se utilizan programas como Revit y Dynamo. Simplemente el cliente coloca algunos parámetros en Dynamo y el programa Revit brinda datos específicos.	El autor concluye que el uso combinado de Revit y Dynamo permite generar diseños industriales parametrizados con mayor precisión, reducir tareas manuales y obtener datos estructurales y de materiales de forma automática, mejorando la toma de	Tesis de pregrado	No aplica

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
			decisiones en proyectos prefabricados.		
15	Sánchez (2017)	La presente tesis aplica conocimientos a la administración de la información en la construcción mediante modelos de información a lo largo de las principales fases de un proyecto de construcción de interés social en la ciudad de Costa Rica.	Se concluye que implementar BIM en un proyecto de interés social mejora la administración de la información, apoya la coordinación entre las distintas fases del proyecto, y permite mejores controles de calidad.	Tesis de pregrado	No aplica
16	Durán (2022)	El objetivo principal de esta investigación fue la evaluación técnica y económicamente el Sistema de losa con viguetas prefabricadas pretensadas y el sistema de losa con prelosa	Esta investigación concluyo que la opción más factible es el Sistema de prelosas con respecto al Sistema con viguetas prefabricadas pretensadas. Ya que tiene una mayor productividad a un costo mucho menor.	Tesis de pregrado	No aplica

ID	Autor	Relevancia	Conclusiones	Tipo de Documento	Base de indexación
17	Mejía (2021)	La presente tesis buscaba la optimización del tiempo de ejecución de una institución educativa de 3 pisos mediante el uso de prelosas prefabricadas y la herramienta Last Planner	Se puedo concluir que efectivamente el uso de prelosas y la herramienta Last Planner redujo en 14 días esto representando un 36% del plazo de entrega del módulo de 3 pisos	Tesis de pregrado	No aplica

Al examinar la tabla previamente mencionada, se destaca de manera evidente el incremento constante en el número de investigaciones relacionadas con la aplicación de la metodología BIM en la industria de la construcción. Esto pone en manifiesto un genuino interés en esta área y subraya la necesidad imperante de implementar enfoques innovadores para optimizar los procesos, reducir los costos y fomentar la excelencia constructiva. En última instancia, este esfuerzo investigativo tiene el potencial de generar un cambio significativo en la industria de la construcción en el futuro.

Después de la realización de la tabla se ha demostrado varios puntos a tener en cuenta, el primer punto es que la metodología BIM va tomando cada vez más fuerza en el sector de la construcción, los elementos prefabricados son una solución que brinda beneficios en casi todos los casos de estudio y las partes interesadas dan una respuesta positiva a la utilización tanto de la metodología BIM y la utilización de los elementos prefabricados.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Alcance del proyecto

2.2.1.1. Costo del proyecto. Se debe tener en cuenta que cuando se habla de costos y tiempo de un proyecto se sabe que ambos están relacionados y que uno influye en el otro. En todo proyecto que se vaya a elaborar, se debe tener el presupuesto elaborado y detallado antes de empezar con la obra. Dentro del presupuesto de un proyecto se detalla lo siguiente: la mano de obra, los materiales, equipos, subcontratos, costos directos y costos indirectos. Para poder alcanzar el éxito final de la obra, se debe realizar un adecuado seguimiento y control de lo especificado en el presupuesto (Percca, 2015).

La gestión de costos, en la actualidad, es un factor principal de los proyectos, ya que este parámetro rige si el proyecto se está desempeñando de acuerdo a lo establecido. Una dimensión de la metodología BIM que analiza los costos en el proyecto es BIM 5D, que permite, a los involucrados tener un mayor control de los costos cuando en este existe algún

tipo de variación. Este factor es muy común que suceda, ya que en los proyectos se presentan incompatibilidades, y muchas veces estas se llegan a resolver realizando cambios que usualmente se ven en incrementos de costos. Encalada (2016) explica que BIM 5D es una manera clave de tener un control de lo presupuestado vs el costo real, sino también en el impacto que generan las variaciones en los costos. Además, con esta se puede cuantificar con exactitud los avances reales hasta una fecha determinada, lo cual es beneficioso para las valorizaciones periódicas, asegurando que el trabajo corresponda realmente con lo ejecutado. También de esta manera se puede evitar los excesos y desperdicios de materiales.

2.2.1.2. Tiempo del proyecto. Cuando se refiere a gestión del tiempo en el proyecto esto incluye los procesos que permitan alcanzar los objetivos del mismo dentro del plazo establecido. Estos procesos buscan brindar los pasos a seguir para poder realizar el cronograma de obra que se detalle todos los plazos de las diferentes actividades. De acuerdo con Percca (2015), una alternativa de manejo para poder organizar de manera adecuada los procesos es la elaboración de una ruta crítica en la que se delimite las áreas o especialidades, definir las actividades, secuenciarlas, calcular los recursos necesarios, calcular la duración de las actividades y luego con los datos que se tienen, elaborar el cronograma de obra.

Trejo (2022) señala que la dimensión 4D de la metodología BIM, aplicada a la gestión de la construcción, es una herramienta con la cual se puede gestionar el tiempo con respecto al proyecto. Se debe elaborar un plan que sirva de línea base para la ejecución del proyecto y el BIM manager puede realizar el análisis de seguimiento y control a partir de dicha línea. Existen unas opciones de software con las que se pueden elaborar esta planificación como lo son: Microsoft Project, Microsoft Excel, Primavera P6, Delphin Express, etc. Esta programación se puede ver de distintas formas, pero una de ellas es el diagrama de Gantt, el cual se vincularía con el modelo 3D. De esta forma se podría obtener una simulación virtual del avance físico y proyectado y ayudara a tener un mejor seguimiento y control de las tareas.

La metodología propuesta para la implementación de prelosas prefabricadas en el proyecto busca contribuir a la reducción del tiempo de ejecución, ya que optimiza los procesos y los diseños constructivos. Esta mejora se sustenta en la aplicación del método de gestión BIM, una herramienta moderna que permite una planificación más precisa y una organización integral de todas las áreas involucradas en el proyecto (Flores et al., 2018).

2.2.2. Bases teóricas de la metodología BIM

2.2.2.1. Metodología BIM. Liu y Zou (2021) explican que el término BIM hace referencia al "Modelado de Información de la Construcción". Esta metodología busca que todos los participantes del proyecto intercambien información a través de una plataforma centralizada que integra información. Su uso transforma el modo convencional de compartir información, reemplazándolo por un entorno digital que facilita el acceso, la actualización y la coordinación entre las distintas especialidades.

Algunos softwares utilizados en el proceso de la implementación de la metodología BIM serían los siguientes:

- **Autodesk Revit**: Amplia funcionalidad para diseño, análisis y documentación en arquitectura, ingeniería y construcción.
- **Navisworks**: Ideal para revisión y coordinación de modelos.
- **Autodesk Construction Cloud (ACC)**: Incluye BIM 360, ideal para la colaboración, coordinación y gestión de proyectos.
- **Delphin Express:** es una herramienta orientada a la elaboración de presupuestos y planificación de obras civiles. Este software permite integrar componentes del presupuesto en un solo archivo, facilitando la creación de partidas, especificaciones técnicas, metrados y cronogramas de obra.

En síntesis, la metodología BIM constituye una herramienta fundamental para gestionar de manera eficiente la información digital del proyecto, ya que integra las representaciones

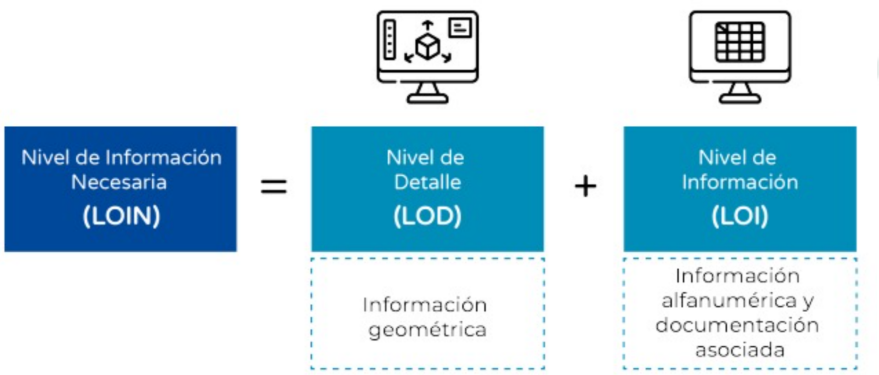
físicas y funcionales de los elementos prefabricados. Su correcta aplicación permite mejorar la planificación, la coordinación entre especialidades y el control de los procesos vinculados a la fabricación y logística de estos elementos. Es importante destacar que el adecuado funcionamiento del sistema depende de que los datos intercambiados sean completos, precisos y oportunos; de lo contrario, pueden generarse retrasos o errores en las distintas etapas del proyecto.

Para organizar y definir con claridad cómo se representa cada elemento dentro de un modelo BIM, se utiliza el nivel de información necesaria (LOIN) que está compuesto por los niveles de detalle (LOD) y niveles de información (LOI). Estos niveles permiten indicar el grado de detalle y la información que debe incluir cada componente a lo largo del desarrollo del proyecto. A continuación, se presentan los principales LOD y LOI.

2.2.2.2. Level of information need (LOIN) – Nivel de información necesaria. Según el MEF (2023), el nivel de información necesaria es el marco de referencia que define el alcance y proporciona el nivel de información adecuado en cada proceso de intercambio de información. incluye el nivel de información gráfica o detalles geométricos y el nivel de información no gráfica o alcance de conjuntos de datos.

Figura 5

Nivel de Información necesaria.



Nota. Adaptado de "Guía nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM", por MEF, 2023.

2.2.2.3. Levels of development (LOD) – Nivel de detalle. Se refieren a un marco estandarizado que define la cantidad de detalle y precisión que debe incluirse en un modelo de información de construcción (BIM) en las diferentes etapas de un proyecto. Según Autodesk (s.f.), se tiene la siguiente información:

- **LOD 100 — Diseño conceptual:** En este nivel, el modelo solo muestra la geometría y proporciones básicas de los elementos, sin incluir datos precisos. Se emplea para expresar la idea general del diseño.
- **LOD 200 — Diseño esquemático:** El modelo adquiere mayor definición, integrando cantidades estimadas, dimensiones, geometrías y ubicaciones aproximadas de los elementos.
- **LOD 300 — Diseño detallado:** En esta fase, el modelo incorpora información geométrica precisa, incluyendo dimensiones específicas, formas definidas y componentes detallados de los elementos. Se emplea para la elaboración de documentos constructivos y para la coordinación interdisciplinaria.
- **LOD 350 — Documentación constructiva:** El modelo incorpora ensamblajes detallados e información correspondiente a procesos de fabricación o construcción. Se utiliza para la elaboración de documentos de obra y la generación de planos de taller.
- **LOD 400 — Fabricación y ensamble:** En esta etapa, el modelo alcanza un grado de detalle orientado a la producción, integrando ensamblajes y uniones precisas que permiten su utilización en tareas de fabricación y ensamble en obra.
- **LOD 500 — Modelo "as-built" o para gestión de operaciones:** En este nivel, el modelo registra datos precisos de los componentes ya instalados y en funcionamiento, reflejando las condiciones reales de la edificación para facilitar su mantenimiento y administración operativa.

2.2.2.4. Levels of Information (LOI) – Nivel de información. Es el nivel de información no gráfica de los elementos del modelo, el cual incluye datos como materiales, especificaciones técnicas, códigos, proveedores o información de mantenimiento, complementando la información geométrica del modelo BIM.

- **LOI 100 — Información básica:** Datos generales del elemento (nombre, función o identificación principal).
- **LOI 200 — Información preliminar:** Datos iniciales como tipo de material aproximado, características generales y especificaciones básicas.
- **LOI 300 — Información definida:** Información técnica detallada del elemento: propiedades específicas, dimensiones asociadas al diseño y criterios constructivos.
- **LOI 400 — Información de fabricación:** Datos propios de producción o prefabricación: códigos, procesos de fabricación, proveedor y control de calidad.
- **LOI 500 — Información operativa:** Información para uso y mantenimiento: vida útil, manuales, mantenimiento, garantías y reposición.

Información recopilada del Guía nacional BIM 2023

2.2.3. Elementos prefabricados

2.2.3.1. Definición elementos prefabricados. Los elementos prefabricados se definen como componentes constructivos elaborados de manera independiente al sitio de la obra, por especialistas y bajo condiciones controladas de producción. Posteriormente, estos elementos son transportados e instalados en el proyecto. Este proceso permite disponer de piezas listas para el montaje, lo que contribuye significativamente a la reducción de los tiempos de ejecución y a una mayor eficiencia en la construcción.

Este tipo de sistemas no convencionales aún presenta una limitada aplicación en la construcción de edificaciones. Esto se debe a la preferencia generalizada por los sistemas convencionales, los cuales continúan siendo la opción predominante en el sector.

Una gran variedad de componentes puede derivarse del concreto prefabricado de alto desempeño, dependiendo del tipo de estructura que se requiera en la realización de un proyecto. Para la elaboración de estas piezas es necesario que un ingeniero estructural en común acuerdo con el fabricante de piezas de concreto, deben establecer que componentes funcionaran de la mejor manera revisando las dimensiones, localización de uniones y consideraciones de fabricación y montaje.

2.2.3.2. Elementos prefabricados utilizados en construcción.

- **Paneles de muros:** Elementos verticales prefabricados que forman las paredes estructurales o divisorias de un edificio.
- **Las losas alveolares:** Losas de concreto prefabricadas con cavidades internas para reducir peso y material, ideales para grandes luces.
- **Las losas macizas prefabricadas:** Placas de concreto sólido prefabricadas utilizadas en pisos y techos para soportar cargas uniformes.
- **Las vigas prefabricadas:** Estructuras lineales que soportan cargas y distribuyen peso, prefabricadas para mayor precisión y rapidez.
- **Las columnas prefabricadas:** Elementos verticales diseñados para soportar cargas axiales y formar la estructura principal.
- **Zapatas:** Bases prefabricadas que distribuyen las cargas de columnas o estructuras al suelo.
- **Prelosas:** Placas de concreto prefabricado utilizadas como base para pisos o cubiertas, que luego se complementan con concreto in situ.
- **Previgas:** Elementos prefabricados de concreto que actúan como vigas auxiliares o principales en estructuras de soporte.

Los componentes prefabricados representan una solución eficiente y precisa al reducir tiempo de ejecución, en algunos casos costos y garantizando altos estándares de calidad. Para

el proyecto se optó por utilizar prelosas ya que pueden optimizar tanto el proceso constructivo las cuales son ideales para proyectos que requieren rapidez de ejecución, calidad uniforme y reducción de costos, ya que minimizan el trabajo en obra y garantizan un excelente acabado, por lo que se profundizará en los detalles e información relevante sobre las prelosas.

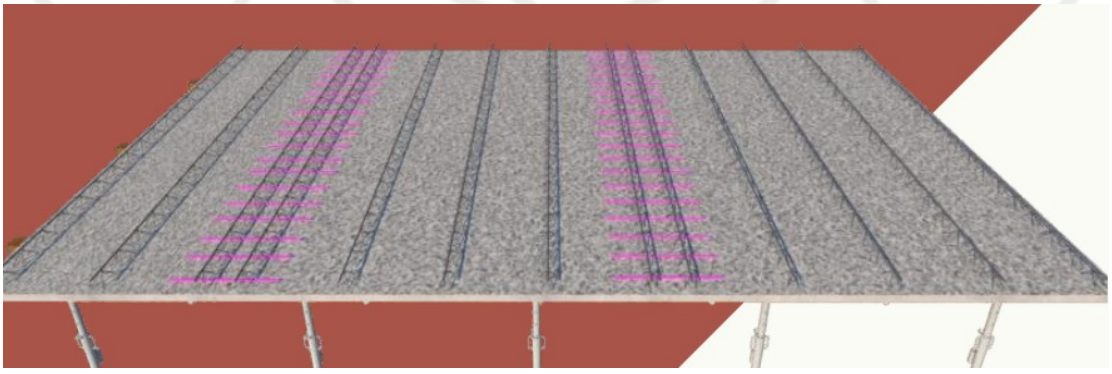
2.2.3.3. Prelosas prefabricadas

- **Definición:**

UNICON (s.f.) describe las prelosas son elementos prefabricados de concreto pretensado diseñados con una superficie plana y nervios longitudinales, que brindan rigidez y resistencia a la deformación. Gracias al pretensado, permiten cubrir mayores luces sin incrementar el peralte, optimizando la estructura. Su diseño facilita la integración de instalaciones sanitarias sin requerir armado de fondo de losa, utilizando únicamente una solera central para controlar deflexiones. Además, su espesor de 5 cm, con malla inferior embebida, reemplaza el encofrado convencional, eliminando la necesidad de tarrajeo o solaqueo. Esto no solo reduce tiempos de ejecución, sino que también disminuye costos de mano de obra, materiales y desperdicios, ofreciendo una solución económica y eficiente para proyectos constructivos.

Figura 6

Ejemplo de Prelosa



Nota. De “Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico”, por Beton Decken, s.f.-b

- **Componentes de prelosas**

Acero grado 60°:

Este es un acero de alta resistencia utilizado en la fabricación de refuerzos para mejorar la capacidad de carga y resistencia a la tracción en los elementos estructurales.

Concreto f'c: 280 kg/cm²:

Concreto con resistencia a la compresión de 280 kg/cm², ideal para aplicaciones estructurales que requieren durabilidad y robustez.

Vigueta - tralicho:

Elemento estructural de concreto armado o pretensado que se utiliza como soporte de las losas y actúa como refuerzo primario en el sistema de prelosas.

Distanciadores (1.50 cm):

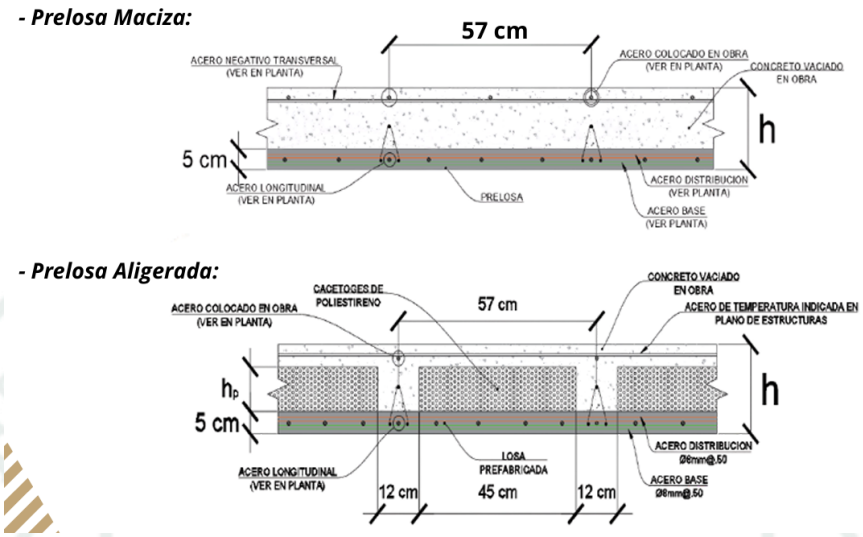
Piezas plásticas o de otro material que aseguran el correcto recubrimiento de concreto sobre el acero de refuerzo, garantizando durabilidad y protección contra la corrosión.

Casetones de poliestireno (densidad 12):

Bloques ligeros de poliestireno expandido que se usan para aligerar las losas, reduciendo el peso estructural y mejorando la eficiencia del sistema.

Figura 7

Detalle de Prelosas prefabricada- General



Nota. De "Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico", por Beton Decken, s.f.-b

Algunas de las ventajas de la implementación de prelosas en edificaciones, según diferentes distribuidores de este elemento, se presenta en la Tabla 6.

Tabla 5

Ventajas del uso de prelosas prefabricadas, según distintos fabricantes

Categoría	Ventaja	Empresa
Rapidez	Construcción más rápida: hasta 150 m² por hora con grúa torre.	Beton Decken
	Tiempo de izaje rápido (4-6 minutos) y diseño optimizado.	
	Rapidez en el proceso constructivo y fácil instalación.	UNICON
Eficiencia	Auto-soportante: no requiere encofrado de fondo de losa y reduce apuntalamientos.	UNICON
	Reducción de desperdicio en obra mediante piezas despachadas a medida.	
	Limpio y seguro: menos partidas, obra más ordenada y segura.	Beton Decken
Resistencia	Alta resistencia y durabilidad del concreto pretensado.	UNICON

	Uso de fibras de polipropileno para reducir fisuras en el concreto.	Beton Decken
Estructura Liviana	Estructura más liviana: bloques de poliestireno reducen peso propio y volumen de concreto.	Beton Decken
Acabado	Acabado liso listo para pintar con mínima preparación.	Beton Decken
Soporte	Garantía postventa de 7 años y asesoramiento técnico en obra.	Beton Decken

Nota. Elaboración propia a partir de Beton Decken (s.f.-b) y UNICON S.A. (s.f.).

- **Proceso de fabricación de las prelosas**

Una de las principales ventajas de utilizar elementos prefabricados es que pueden ser producidos en un lugar distinto al de la obra y posteriormente transportados para su instalación. No obstante, en ciertos casos también pueden fabricarse directamente en el sitio de construcción, dependiendo de las necesidades del proyecto y de la distancia entre la obra y la planta de producción. Cuando la distancia es considerable, se puede optar por elaborar las prelosas en la propia obra con el fin de reducir los costos asociados al transporte. A continuación, se describe de manera resumida el proceso de fabricación de la prelosa (Beton Decken, s.f.-b).

Elaboración de la armadura de acero:

Se fabrica la armadura de acero conforme a las especificaciones del plano de fabricación, considerando el tipo de acero y el espaciamiento entre los elementos metálicos.

Preparación del encofrado y colocación de malla:

Se aplica desmoldante a la mesa de fabricación (encofrado) del elemento prefabricado (prelosa). A continuación, se instala la malla de acero en el encofrado de acuerdo con las dimensiones establecidas en el plano correspondiente.

Colocación de distanciadores y verificación del recubrimiento:

Se colocan distanciadores de concreto en el elemento prefabricado para garantizar que el recubrimiento sea equidistante en todos los lados de la prelosa.

Verificación de dimensiones:

Se revisan las dimensiones del elemento a fabricar, con tolerancias mínimas de ±5 mm, siguiendo los protocolos internos de la planta (Beton Decken, s.f.-a).

Vaciado y compactación del concreto:

Se vierte el concreto en el encofrado de las prelosas, asegurándose de vibrar y compactar el material de forma homogénea.

Secado, desencofrado y almacenamiento:

Después de un periodo de secado de 6 a 8 horas, se procede a desencofrar el elemento y almacenarlo para su traslado inmediato.

Figura 8

Detalle de Proceso constructivo de Prelosa



Nota. De "Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico", por Beton Decken, s.f.-b

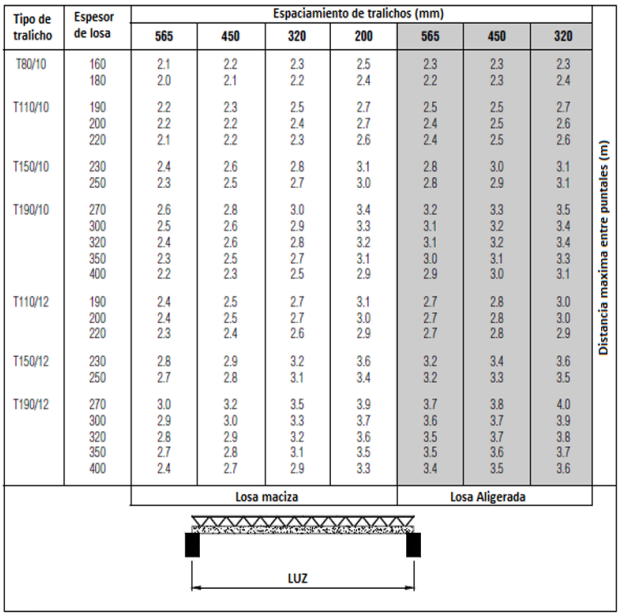
- **Procedimiento de instalación de prelosas en obra**

Las prelosas se transportan a la obra en camiones con cargas aproximadas de 150 m² y deben apilarse correctamente para evitar daños. Antes de la instalación, el solicitante debe tener listo el encofrado para evitar acumulación prolongada del material. El encofrado consta de

puntales y soleras de madera. Para el distanciamiento de los puntales se deberá considerar las siguientes tablas:

Figura 9

Requerimiento de puntales mínimos



Tipo de tralicho	Espesor de losa	Espaciamiento de tralichos (mm)						
		565	450	320	200	565	450	320
T80/10	160	2.1	2.2	2.3	2.5	2.3	2.3	2.3
	180	2.0	2.1	2.2	2.4	2.2	2.3	2.4
T110/10	190	2.2	2.3	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7
	200	2.2	2.2	2.4	2.7	2.4	2.5	2.6
	220	2.1	2.2	2.3	2.6	2.4	2.5	2.6
T150/10	230	2.4	2.6	2.8	3.1	2.8	3.0	3.1
	250	2.3	2.5	2.7	3.0	2.8	2.9	3.1
T190/10	270	2.6	2.8	3.0	3.4	3.2	3.3	3.5
	300	2.5	2.6	2.9	3.3	3.1	3.2	3.4
	320	2.4	2.6	2.8	3.2	3.1	3.2	3.4
	350	2.3	2.5	2.7	3.1	3.0	3.1	3.3
	400	2.2	2.3	2.5	2.9	2.9	3.0	3.1
T110/12	190	2.4	2.5	2.7	3.1	2.7	2.8	3.0
	200	2.4	2.5	2.7	3.0	2.7	2.8	3.0
	220	2.3	2.4	2.6	2.9	2.7	2.8	2.9
T150/12	230	2.8	2.9	3.2	3.6	3.2	3.4	3.6
	250	2.7	2.8	3.1	3.4	3.2	3.3	3.5
T190/12	270	3.0	3.2	3.5	3.9	3.7	3.8	4.0
	300	2.9	3.0	3.3	3.7	3.6	3.7	3.9
	320	2.8	2.9	3.2	3.6	3.5	3.7	3.8
	350	2.7	2.8	3.1	3.5	3.5	3.6	3.7
	400	2.4	2.7	2.9	3.3	3.4	3.5	3.6

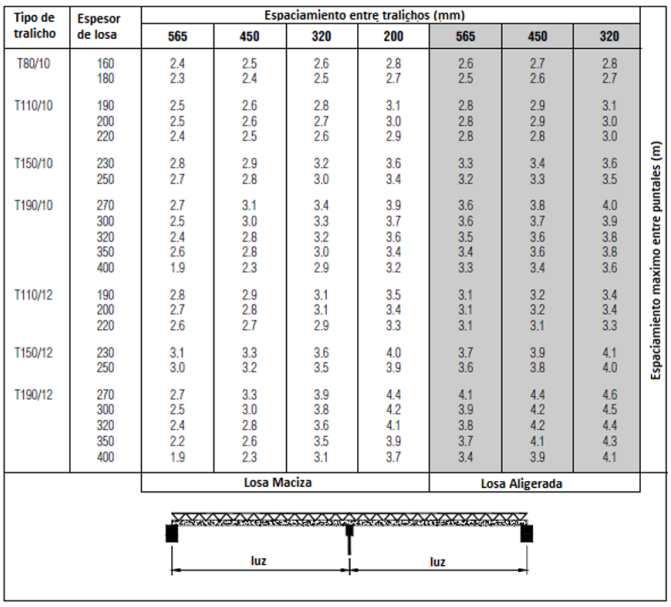
Losa maciza | Losa Aligerada

Distancia maxima entre puntales (m)

Nota. De “Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico”, por Beton Decken, s.f.-b

Figura 10

Requerimientos de puntales para luces continuas



Tipo de tralicho	Espesor de losa	Espaciamiento entre tralichos (mm)						
		565	450	320	200	565	450	320
T80/10	160	2.4	2.5	2.6	2.8	2.6	2.7	2.8
	180	2.3	2.4	2.5	2.7	2.5	2.6	2.7
T110/10	190	2.5	2.6	2.8	3.1	2.8	2.9	3.1
	200	2.5	2.6	2.7	3.0	2.8	2.9	3.0
	220	2.4	2.5	2.6	2.9	2.8	2.8	3.0
T150/10	230	2.8	2.9	3.2	3.6	3.3	3.4	3.6
	250	2.7	2.8	3.0	3.4	3.2	3.3	3.5
T190/10	270	2.7	3.1	3.4	3.9	3.6	3.8	4.0
	300	2.5	3.0	3.3	3.7	3.6	3.7	3.9
	320	2.4	2.8	3.2	3.6	3.5	3.6	3.8
	350	2.6	2.8	3.0	3.4	3.4	3.6	3.8
	400	1.9	2.3	2.9	3.2	3.3	3.4	3.6
T110/12	190	2.8	2.9	3.1	3.5	3.1	3.2	3.4
	200	2.7	2.8	3.1	3.4	3.1	3.2	3.4
	220	2.6	2.7	2.9	3.3	3.1	3.1	3.3
T150/12	230	3.1	3.3	3.6	4.0	3.7	3.9	4.1
	250	3.0	3.2	3.5	3.9	3.6	3.8	4.0
T190/12	270	2.7	3.3	3.9	4.4	4.1	4.4	4.6
	300	2.5	3.0	3.8	4.2	3.9	4.2	4.5
	320	2.4	2.8	3.6	4.1	3.8	4.2	4.4
	350	2.2	2.6	3.5	3.9	3.7	4.1	4.3
	400	1.9	2.3	3.1	3.7	3.4	3.9	4.1

Losa Maciza | Losa Aligerada

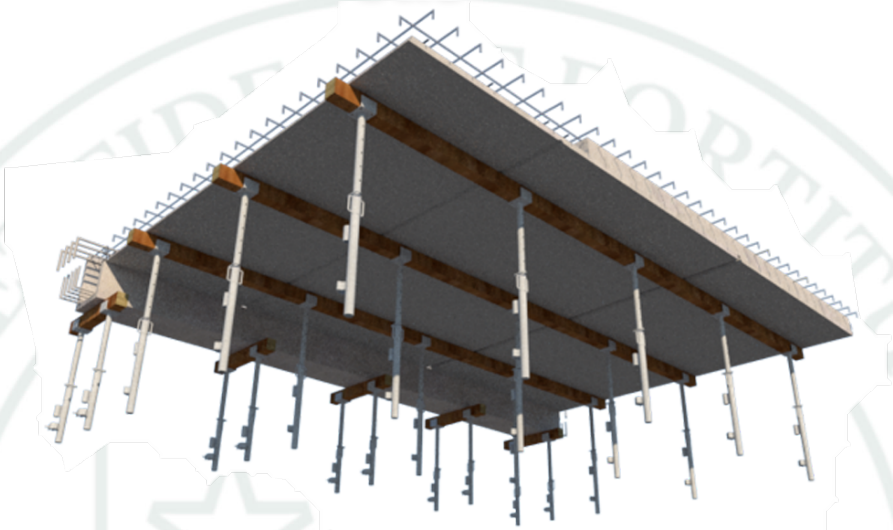
Espaciamiento maximo entre puntales (m)

Nota. De “Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico”, por Beton Decken, s.f.-b

Como se observa en las tablas la distancia entre puntales temporales, dependerá de la prelosa, espaciamiento del tralicho y si la losa es aligerada o maciza.

Figura 11

Configuración de distribución de puntales

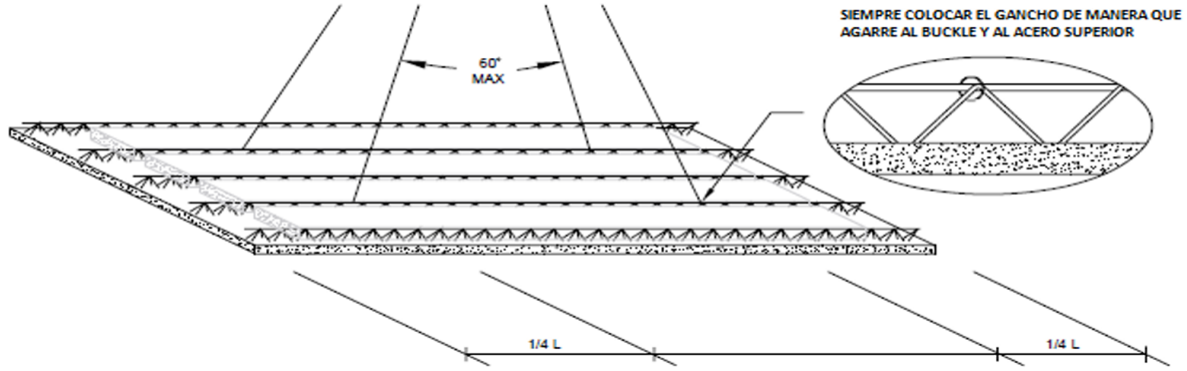


Nota. De “Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico”, por Beton Decken, s.f.-b

En el proceso de instalación, la prelosa se coloca según la ubicación indicada en los planos. Para conocer el peso total de izaje se suma el peso de la prelosa y el pulpo de izaje de cuatro ramales (80–100 kg aprox.), dato esencial para seleccionar la grúa. La colocación debe respetar el orden y la dirección de los códigos asignados en producción. El fabricante indica una ratio de instalación de 5 minutos por prelosa, considerando dos hombres en el techo, el conductor de la grúa y el señalador (Rigger). Las prelosas de hasta 9.5 metros pueden izarse con cuatro cadenas; para longitudes mayores se recomienda una viga de izaje.

Figura 12

Proceso de Izaje de prelosas



Nota. De "Sistema de prelosas Betoncken – Manual Técnico", por Beton Decken, s.f.-b

Tener en consideración que los ganchos de izaje de cadena deben estar conectados a la parte superior de los tralichos como se observa en la imagen.

Todas las superficies de apoyo de las prelosas deben estar niveladas para garantizar una adecuada instalación; de no ser así, deberán nivelarse con mortero de concreto. Una ventaja del sistema es que permite la colocación de tuberías eléctricas y sanitarias, previa coordinación para considerar los elementos indicados en los planos. Las tuberías pasan por perforaciones realizadas en los casetones de poliestireno.

Después de instalar los servicios se fija el refuerzo superior, dejando la losa lista para verter la capa superior de concreto, cuyo espesor no debe ser menor a 5 cm.

Como último procedimiento se realiza la unión de las prelosas mediante el sellado de juntas, cubriendo el espacio entre ambas con materiales de adherencia y refuerzo, como pegamento blanco flexible y malla de fibra de vidrio, para obtener una superficie continua y uniforme apta para recibir acabados.

Pegamento blanco flexible: de alta calidad y resistente a la humedad, para muros y techos interiores y exteriores.

Malla Drywall 3M: banda autoadhesiva de fibra de vidrio de 50 mm, útil para reparaciones en placas o techos.

Figura 13

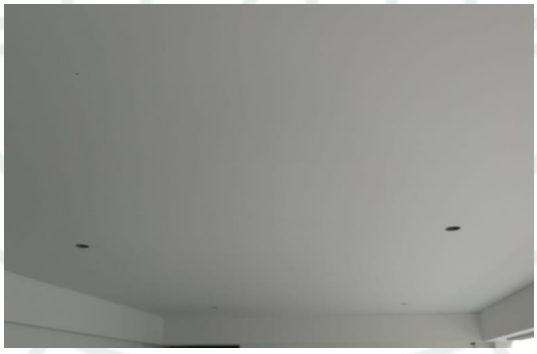
Aplicación de Pegamento Blanco flexible en junta



Nota. De “Procedimiento operativo de sellado de juntas entre prelosas de concreto”, por Beton Decken, s.f.-a

Figura 14

Sellado de juntas etapa acabado en obra



Nota. De “Procedimiento operativo de sellado de juntas entre prelosas de concreto”, por Beton Decken, s.f.-a

2.2.3.4. Compañías en Perú especializadas en la producción de componentes prefabricados para la construcción

2.2.3.4.1. UNICON. Unión de Concreteras S.A. (UNICON) es una de las empresas líderes en el Perú en la producción y distribución de concreto premezclado. Aunque su enfoque

principal es el suministro de concreto para grandes proyectos, UNICON también incursiona en la fabricación de elementos prefabricados de concreto, lo que la convierte en un actor clave en proyectos de construcción modernos.

La compañía ha desarrollado una línea de prefabricados de concreto, como bloques, vigas, losas y elementos estructurales, diseñados para optimizar el tiempo y la calidad en la construcción. Estos productos están dirigidos tanto a proyectos de infraestructura como a obras residenciales e industriales. Gracias a su experiencia y tecnología avanzada, UNICON garantiza la precisión, resistencia y durabilidad de sus prefabricados, adaptándolos a los requerimientos técnicos de cada cliente.

UNICON ha consolidado su presencia en el mercado peruano y sudamericano. A lo largo de su trayectoria, ha participado en proyectos emblemáticos, como el Megapuerto de Chancay, donde suministró 620,000 m³ de concreto.

2.2.3.4.2. Beton Decken. Beton Decken S.A.C. es una empresa peruana especializada en la fabricación de elementos estructurales prefabricados de concreto, utilizando tecnología alemana innovadora; con más de 30 años de experiencia, suministra prelosas y otros componentes para construcciones en los sectores residencial, comercial e industrial, destacando por integrar tecnologías avanzadas y métodos de producción sostenibles, como la implementación de una planta automatizada de prelosas que mejora la eficiencia y calidad en la construcción (Beton Decken, s.f.-b).

Su enfoque en la innovación y la adopción de la Industria 4.0 la posicionan como un referente en el sector de prefabricados de concreto en el Perú.

2.2.3.4.3. Pacasmayo. Cementos Pacasmayo es una de las principales empresas de construcción en Perú, fundada en 1949. Se especializa en la fabricación y comercialización de cemento, cal, agregados, concreto premezclado y elementos prefabricados. Con plantas en

Pacasmayo, Piura y Rioja, tiene una capacidad instalada de 4.9 millones de toneladas anuales, liderando el mercado en el norte del país.

La compañía destaca por su enfoque en sostenibilidad, innovación y soluciones constructivas integrales, lo que la ha posicionado como líder en el sector y un actor clave en el desarrollo de la región.

2.3. Marco legal

En el desarrollo de la presente investigación, se respalda firmemente en una base legal y técnica sólida, que garantiza la calidad y pertinencia de los análisis y propuestas formuladas. Para ello, se recurre a una cuidadosa selección de normativas tanto a nivel internacional como nacional.

A nivel internacional, se hace referencia a la Norma ISO 19650 (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2018a), específicamente en su Parte 1 y Parte 2. Esta normativa establece los principios y requisitos para la gestión de información a lo largo del ciclo de vida de activos de construcción o infraestructura

A nivel nacional, se toman en cuenta dos importantes referencias legales. En primer lugar, el Plan BIM Perú, normativa que regula la implementación de la metodología BIM en proyectos de construcción en el territorio peruano, fomentando la adopción de prácticas innovadoras y eficientes en el sector. Por otro lado, la Resolución Ministerial 343-2016-Vivienda (2016), proporciona los parámetros y regulaciones específicos para el trabajo con elementos prefabricados en proyectos de construcción en el Perú, asegurando la calidad y seguridad de las estructuras edificadas.

Tabla 6

Tabla de normativas

ID	Norma	Descripción	Uso
1	Resolución Ministerial 343-2016-Vivienda (2016)	Resolución aprobada por VIVIENDA para dar parámetros básicos con respecto a Sistemas Constructivos no Convencionales.	Diseño, construcción, limitaciones, mantenimiento y gestión de construcciones de edificaciones prefabricadas.
2	Guía Nacional BIM (MEF, 2023)	Esta guía tiene como finalidad definir y estandarizar los conceptos referidos a la gestión de la información BIM en el desarrollo de las inversiones.	Mejoramiento de la calidad de expedientes técnicos, mejorar la transparencia de los procesos, mejorar la calidad y la eficiencia de ejecución y mejorar las capacidades digitales de la cadena de valor.
3	ISO 19650 (ISO, 2018a)	La norma ISO 19650 es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación (BIM)	Definen el marco, los principios y los requisitos, para la adquisición, uso y gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto, tanto de edificación como de obra civil.
4	ISO 19650-1 (ISO, 2018a)	Establece los conceptos y principios recomendados para los procesos de desarrollo y gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de cualquier activo de construcción.	Se utilizará como referencia para la gestión de información en proyectos de construcción.
5	ISO 19650-2 (ISO, 2018b)	Define los procesos de desarrollo y gestión de la información durante la fase de desarrollo.	Se entra en los requisitos para la entrega de información en proyectos de construcción

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación adopta un enfoque mixto, integrando componentes cuantitativos y cualitativos para analizar la implementación de herramientas BIM y el uso de prelosas prefabricadas en el proceso constructivo. Este enfoque permite desarrollar una evaluación integral mediante el análisis de información numérica y técnica relacionada con el proyecto, favoreciendo una comprensión más completa del impacto generado por la propuesta planteada.

El componente cuantitativo permitirá comparar variables relacionadas con costos totales, tiempos de ejecución y productividad entre el sistema convencional de construcción y la propuesta desarrollada con prelosas prefabricadas. Para ello, se utilizará información proveniente del expediente técnico del proyecto, tales como planos, metrados, análisis de costos unitarios, presupuesto y cronogramas de obra. Asimismo, la productividad será evaluada mediante el análisis de rendimientos y tiempos de ejecución considerados en ambos sistemas constructivos. Para el desarrollo de la propuesta con prelosas prefabricadas, se empleará información técnica y económica proporcionada por la empresa Beton Decken, la cual elaboró los planos de diseño de prelosas y la cotización correspondiente a partir de los planos en 2D del proyecto.

Por otro lado, el componente cualitativo se desarrollará mediante las técnicas de observación técnica y análisis documental, orientadas a evaluar la aplicación de herramientas BIM durante el modelado y planificación del sistema propuesto. Para ello, se utilizarán como herramientas Autodesk Revit y Delphin Express, además de la revisión de planos y registros gráficos de interferencias e incompatibilidades detectadas durante el modelado estructural en 3D. Autodesk Revit permitirá desarrollar el modelo BIM y detectar incompatibilidades no

identificadas en los planos en 2D, mientras que Delphin Express será empleado para la vinculación del modelo BIM con el presupuesto y el cronograma del sistema propuesto.

El procedimiento de análisis cualitativo consistirá en el análisis descriptivo y comparativo de las interferencias detectadas, así como de las mejoras generadas por la implementación BIM en aspectos relacionados con la coordinación entre especialidades, visualización del proyecto, planificación y gestión del proceso constructivo. De esta manera, la integración de ambos enfoques permitirá obtener resultados más consistentes y fortalecer la validez de los resultados obtenidos en la investigación.

3.2. Población y muestra

Según Borja (2012), se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que constituyen el objeto de estudio de una investigación. En ese sentido, la población del presente estudio está conformada por ocho (8) proyectos de infraestructura educativa pública ejecutados por entidades estatales en la ciudad de Arequipa, los cuales presentan problemáticas recurrentes durante su etapa de ejecución. La selección de estos proyectos responde a que todos corresponden a proyectos públicos del sector infraestructura educativa, desarrollados en la ciudad de Arequipa y ejecutados bajo la modalidad de administración indirecta (por contrata), lo que proporciona homogeneidad a la población de estudio. Asimismo, presentan problemáticas similares durante su ejecución, tales como retrasos, ampliaciones de plazo, adicionales de obra, paralizaciones, sobrecostos y deficiencias en los expedientes técnicos, permitiendo realizar un análisis comparativo bajo condiciones equivalentes.

Con el propósito de seleccionar el caso de estudio más adecuado para la investigación, se estableció una escala de valoración basada en criterios relacionados con el impacto en el servicio educativo, la evidencia de desviaciones, la confiabilidad de las fuentes, la disponibilidad de información y la trazabilidad técnica. Cada criterio fue evaluado mediante

una escala ordinal de tres niveles, donde un mayor puntaje representa una mayor pertinencia y factibilidad para el desarrollo del análisis. La valoración obtenida permitió identificar el proyecto que reúne las mejores condiciones para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Tabla 7

Escala y fundamentos de puntaje

Criterio	**Puntaje 1**	**Puntaje 2**	**Puntaje 3**
Impacto en el servicio	Impacto mínimo o no documentado	Afectación parcial del servicio educativo	Afectación directa y comprobada del servicio educativo
Evidencia de desviación	Sin evidencia verificable	Evidencia parcial o no cuantificada	Evidencia documentada y cuantificada
Fuentes confiables	Solo fuente periodística	Fuente oficial o técnica parcial	Múltiples fuentes oficiales y técnicas
Disponibilidad de información	Información escasa	Información parcial	Expediente técnico y documentación completa
Trazabilidad técnica	No permite comparación	Comparación parcial	Permite comparar planificación vs. ejecución

A continuación, se presenta una caracterización de los proyectos de infraestructura educativa que integran la población de estudio, destacando las problemáticas identificadas en su ejecución y relevancia para el análisis comparativo de desviaciones en costo y plazo.

Tabla 8

Resumen de proyectos de la población de los proyectos de infraestructura educativa

Proyecto	Periodo de ejecución	Modalidad de ejecución	Impacto en el servicio	Evidencia de desviación	Fuentes confiables	Disponibilidad de información	Trazabilidad técnica	Puntaje	Rol	Fuente de información
Mejoramiento de los Servicios Educativos de la Institución Educativa Gran Libertador Simón Bolívar, distrito de José Luis Bustamante y Rivero, provincia y departamento de Arequipa.	2017–2018	Administración indirecta	3 (Inicio de clases sin infraestructura; uso de módulos temporales)	3 (Retraso comprobado + variación presupuestal)	3 (Invierte.pe, PRONIED, expediente técnico, prensa)	3 (Acceso completo: planos, metrados, presupuesto, cronograma)	3 (Permite comparar planificación vs ejecución)	15	Caso de estudio principal	Hancco (2018)
Rehabilitación del Local Escolar Pinto Talavera con Código Local 513953, Alto Selva Alegre – Arequipa – Arequipa.	2021–2022	Administración indirecta	2 (Afectación parcial del servicio educativo)	3 (Adicionales ejecutados y retrasos evidenciados)	2 (Fuente principalmente periodística)	2 (Información técnica limitada)	2 (No permite contraste completo de planificación)	11	Referencia	La República (2022)
Recuperación del local escolar san martín de porres (circa) con código local 058185, alto Selva Alegre - arequipa	2021–2022	Administración indirecta	2 (Impacto no completamente documentado)	2 (Desviación de alcance no cuantificada)	2 (Fuente periodística)	2 (Sin acceso a expediente técnico)	2 (Trazabilidad parcial)	10	Referencia	La República (2022)
Recuperación de la I.E San Ignacio de Mariano Melgar - Arequipa	2021–2023	Administración indirecta	3 (Paralización afecta directamente el servicio)	3 (Retrasos acumulados comprobados)	2 (Fuente periodística)	2 (Información técnica no disponible)	2 (No se puede contrastar planificación vs ejecución)	12	Referencia	Mamani (2023)

Mejoramiento del servicio educativo en la I.E San Jose Calasanz, Cayma - Arequipa	2020-2024	Administración indirecta	**3** (Retrasos en la ejecución que afectaron la culminación de la infraestructura educativa)	**3** (Ampliaciones de plazo documentadas)	2 (Expediente técnico, resoluciones del Gobierno Regional y contrato de obra)	2 (Disponibilidad de expediente técnico, sin acceso a los planos)	2 (Trazabilidad parcial)	12	Referencia	Contraloría General de la República (2024)
Creación de los Servicios de Educación Inicial Escolarizada de la I.E.I. Jardín de Blanquita, Cayma - Arequipa	2021-2023	Administración indirecta	**3** (Retraso en la entrega de la infraestructura educativa que afectó el inicio oportuno del servicio)	2 (Retraso evidenciado, no cuantificado)	**2** (Resumen del expediente técnico y fuente periodística)	**2** (Información técnica parcial; no se dispone públicamente del expediente completo ni del contrato de ejecución)	2 (No permite análisis detallado de planificación)	11	Referencia	Contraloría General de la República (2025)
Recuperación del local escolar 40705 Peruarbo, Cerro Colorado - Arequipa	2021–2023	Administración indirecta	3 (Paralización afecta continuidad del servicio)	2 (Retraso evidenciado, no cuantificado)	2 (Fuente periodística)	2 (Información limitada)	2 (Sin trazabilidad completa)	11	Referencia	Mamani (2023)
Mejoramiento del servicio educativo en el nivel secundario de la I.E. N.° 40024 Manuel Gonzales Prada, distrito de Alto Selva Alegre-Arequipa.	2020-Sin determinar	Administración indirecta	**3** (Retrasos en la ejecución que afectaron la culminación del proyecto educativo)	**3** (Ampliaciones de plazo documentadas mediante resoluciones oficiales y contrato de ejecución)	2 (Se cuenta con contrato de ejecución de obra, resoluciones administrativas e informes técnicos oficiales que respaldan el análisis del proyecto.)	2 (Se dispone del contrato de ejecución, resoluciones administrativas e informes técnicos; sin embargo, no se encontró disponible el expediente técnico completo del proyecto, lo que limita el acceso a la información de planificación inicial.)	2 (No permite contraste técnico completo)	12	Referencia	Mamani (2023)

Nota. Elaboración propia.

3.2.1. Muestra

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el muestreo por conveniencia consiste en la selección de elementos accesibles y representativos para el desarrollo de la investigación, considerando criterios de disponibilidad de información, accesibilidad y pertinencia con los objetivos del estudio. En ese sentido, la muestra del presente estudio es de tipo no probabilístico por conveniencia y está conformada por el proyecto de la Institución Educativa Gran Libertador Simón Bolívar, ejecutado en la ciudad de Arequipa durante el periodo 2017–2018.

La selección de este caso responde a su alta disponibilidad y accesibilidad de información técnica, así como a su pertinencia con el problema de investigación, al presentar desviaciones en costo y plazo, tales como retrasos en la ejecución y variaciones presupuestales, condiciones frecuentes en proyectos de infraestructura educativa pública.

Asimismo, se cuenta con acceso autorizado al expediente técnico del proyecto, obtenido mediante gestiones formales ante la municipalidad distrital correspondiente, lo que permitió disponer de planos, metrados, presupuesto y cronograma de ejecución para su análisis y modelamiento mediante herramientas BIM.

Adicionalmente, el proyecto se encuentra concluido, lo que permite evaluar integralmente las desviaciones ocurridas durante todo su ciclo de ejecución, facilitando el análisis comparativo de costos, tiempos y rendimiento respecto a la propuesta de mejora.

En ese sentido, la selección del caso se fundamenta en criterios de accesibilidad, disponibilidad de información, viabilidad de análisis y relevancia técnica, características propias del muestreo por conveniencia, tal como lo define Hernández-Sampieri y Mendoza (2018).

Asimismo, dichos criterios fueron complementados con los principios metodológicos de selección de casos propuestos por Yin (2018), considerando la necesidad de contar con evidencia suficiente, información verificable y la posibilidad de contrastar la planificación con

la ejecución del proyecto, garantizando así la pertinencia del caso respecto al problema de la investigación. En la tabla a continuación se muestran los criterios de selección de muestra.

Tabla 9

Criterios de selección de muestra de estudio

Criterio metodológico	Fundamento	Indicador evaluado	Escala	Aplicación en el caso Simón Bolívar	Justificación
Accesibilidad	Garantiza la obtención de información primaria para el análisis.	Nivel de acceso a la información	Alto / Medio / Bajo	**Alto**	Se cuenta con acceso autorizado al expediente técnico mediante la municipalidad
Disponibilidad documental	Permite la reconstrucción técnica del proyecto.	Cantidad y tipo de documentos disponibles	Completa / Parcial / Limitada	**Completa**	Se cuenta con expediente técnico, planos, metrados, presupuesto, cronograma y demás documentación del proyecto.
Calidad de la información	Garantiza que el análisis se sustente en información confiable y verificable.	Tipo de fuente	Primaria / Secundaria	**Primaria**	La mayor parte de la información proviene de documentos técnicos oficiales elaborados durante la ejecución del proyecto.
Evidencia de desviaciones	Permite identificar y comprobar objetivamente las variaciones ocurridas durante la ejecución del proyecto.	Nivel de comprobación	Cuantificada / Cualitativa / No clara	**Cuantificada**	La documentación disponible permite verificar retrasos, modificaciones y variaciones presupuestales mediante registros técnicos.

Estado del proyecto	Favorece el análisis completo de los resultados obtenidos al finalizar la ejecución de la obra.	Etapa del ciclo de vida	Concluido / En ejecución / Paralizado	**Concluido**	Al encontrarse concluido, es posible evaluar de manera integral los plazos, costos y resultados alcanzados.
Trazabilidad técnica	Permite verificar la correspondencia entre la planificación inicial y la ejecución real del proyecto.	Posibilidad de comparación	Alta / Media / Baja	**Alta**	Se dispone del expediente técnico y de la información de ejecución, lo que permite contrastar lo planificado con lo ejecutado.
Viabilidad del análisis	Garantiza que existan las condiciones técnicas y documentales necesarias para desarrollar la investigación.	Factibilidad de estudio	Alta / Media / Baja	**Alta**	El proyecto cuenta con información técnica completa, organizada y accesible para su análisis.
Confiabilidad	Reduce sesgos y fortalece la validez de resultados.	Nivel de validación de datos	Alta / Media / Baja	**Alta**	Información verificable y respaldada por documentos oficiales
Pertinencia	Garantiza que el caso seleccionado sea representativo del problema de investigación y contribuya al cumplimiento de los objetivos del estudio.	Relación con el problema de investigación	Alta / Media / Baja	**Alta**	El proyecto evidencia desviaciones en costo y plazo, aspectos directamente relacionados con las variables analizadas en la investigación.

Nota. Elaboración propia.

3.3. Alcance y límites

3.3.1. Alcance

El presente trabajo de investigación tiene como alcance el análisis comparativo de la gestión de tiempo y costo, aplicada al proyecto "Mejoramiento de los Servicios Educativos en la I.E. Gran Libertador Simón Bolívar", ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, en la ciudad de Arequipa.

La investigación se desarrolla sobre un proyecto de infraestructura educativa pública, seleccionado por corresponder a una inversión ejecutada por el Estado. Asimismo, se seleccionó este tipo de infraestructura debido a la importancia que tienen los colegios públicos en la prestación de servicios esenciales a la población y a que los retrasos y sobrecostos en su ejecución afectan directamente la continuidad y calidad del servicio educativo.

El estudio se desarrolla a partir del expediente técnico del proyecto, el cual fue solicitado y autorizado por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, necesario para el análisis.

A partir de la información obtenida, se propone la implementación de la metodología BIM mediante el modelamiento tridimensional del proyecto, con el objetivo de representar fielmente la información del expediente técnico y permitir la identificación de incongruencias e interferencias. Dentro de esta propuesta, se plantea la sustitución del sistema estructural tradicional de losas convencionales por un sistema de prelosas prefabricadas, evaluando su impacto en la constructibilidad del proyecto.

Asimismo, el modelo BIM será vinculado con el software Delphin Express, lo que permitirá la extracción automatizada de metrados, la elaboración del presupuesto y la programación de obra. De esta manera, se realiza una comparación directa entre el sistema constructivo tradicional y la alternativa propuesta basada en prelosas, considerando variables de tiempo, costo y eficiencia en la ejecución del proyecto.

Finalmente, la investigación tiene un carácter comparativo y aplicado, orientado a determinar la viabilidad técnica, económica y en términos de plazo de ejecución de la implementación de prelosas bajo la metodología BIM en el proyecto analizado.

3.3.2. Limitaciones

- **Alcance Geográfico:** La investigación se centrará exclusivamente en la ciudad de Arequipa.
- **Disponibilidad y uso de elementos prefabricados:** La evaluación del sistema de prelosas considera su aplicación en un contexto donde la oferta local de elementos prefabricados puede ser limitada, lo cual influye en el análisis de viabilidad constructiva y logística de implementación.
- **Acceso a información técnica del proyecto:** El uso del expediente técnico del proyecto depende de la autorización otorgada por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, por lo que el análisis se encuentra condicionado a la información disponible y proporcionada oficialmente.
- **Modelamiento y supuestos BIM:** El desarrollo del modelo tridimensional se realiza a partir de la información contenida en el expediente técnico, la cual puede presentar limitaciones propias de su nivel de detalle. En ese sentido, el modelamiento BIM se basa en supuestos técnicos que podrían diferir de condiciones reales de ejecución en obra.
- **Dependencia de software especializado:** La obtención de metrados, presupuesto y cronograma está sujeta al uso de herramientas como Revit y Delphin Express, por lo que los resultados pueden variar en función de los parámetros de modelamiento y configuración del software empleado.

3.4. Caso de estudio

El caso de estudio de la presente investigación es el proyecto "Mejoramiento de los Servicios Educativos en la I.E. Gran Libertador Simón Bolívar", ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, en la ciudad de Arequipa.

3.4.1. Ubicación del proyecto

- Región: Arequipa
- Departamento: Arequipa
- Provincia: Arequipa
- Ciudad: Arequipa
- Distrito: José Luis Bustamante y Rivero

3.4.2. Problemática a solucionar

La problemática a solucionar son las inadecuadas condiciones estructurales de las edificaciones (Aulas) del lado Noroeste, y el mejoramiento de los pabellones con la problemática de un mal proceso constructivo.

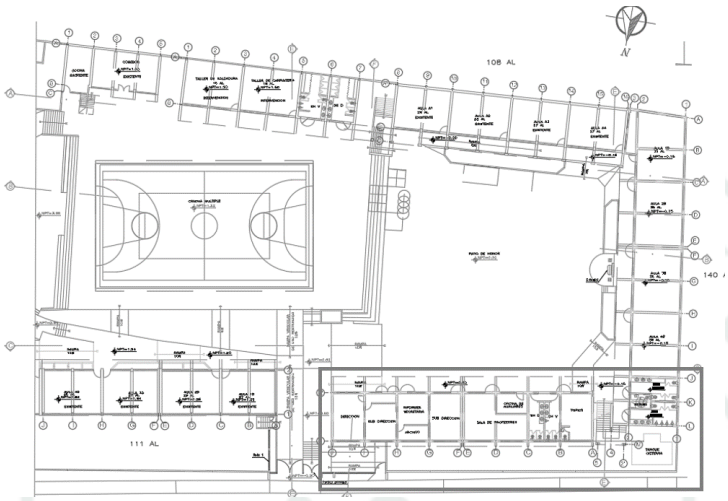
3.4.3. Presupuesto y tiempo de ejecución

- La obra tenía un presupuesto de S/ 5,173,016.36.
- Tiempo de ejecución 150 días hábiles.

3.4.4. Planos de edificación

Figura 15

Vista en planta de I.E. Gran Libertador Simón Bolívar



Nota. Imagen obtenida del expediente técnico de la I.E. Gran Libertador Simón Bolívar.

3.5. Métodos de investigación

La presente investigación inicia con la síntesis de los principales problemas identificados en la etapa de construcción de instituciones educativas. Con base en ello, se seleccionó una institución representativa que tuvo problemas en su ejecución, para realizar una comparación entre el expediente técnico original y la propuesta con elementos prefabricados todo ello con el uso de metodología BIM.

Como primer paso de la investigación se procede a recopilar, revisión y organización de la información del expediente técnico como son: planos, metrados, cronograma y presupuesto. Los planos del proyecto se utilizan para poder realizar el modelado en 3D de cada especialidad (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias y eléctricas).

Seguidamente, al implementar la metodología BIM mediante el uso de software Revit para el modelado de la Institución Educativa se espera identificar las incongruencias, interferencias y duplicidades a nivel de todas las especialidades, mejorando la coordinación interdisciplinaria del proyecto.

Continuando con el uso de software Delphin Express, el cual es compatible con el Revit, permite la obtención de metrados, análisis de costos, presupuestos y programación, de manera automatizada, lo que permite una comparación entre el expediente técnico original y la propuesta que se plantea.

Posteriormente, las losas aligeradas y macizas, contempladas en el expediente técnico, son reemplazadas en el modelo propuesto por prelosas prefabricas, buscando así mejorar el control de la ejecución de obra, mediante la optimización de costos y la reducción de tiempo de ejecución.

Finalmente, ambas herramientas permiten la validación del modelo desarrollado y comprobación de la efectividad del enfoque propuesto en la gestión del proyecto. A continuación, se presenta una tabla que resume los objetivos de la investigación y los métodos propuestos para su desarrollo. Esta organización permite visualizar de manera clara la relación entre cada objetivo y las actividades necesarias para alcanzarlo.

Tabla 10

Tabla de objetivos-métodos

ID	Objetivos	Métodos
1	Evaluar cómo la aplicación de la metodología BIM, mediante el uso del software Revit para el modelado con prelosas prefabricadas, contribuye a mejorar la coordinación del proyecto y la detección de interferencias e incongruencias, en comparación con el control de obra tradicional basado en 2D y revisión manual.	**M1** Recolección y organización de información de proyecto. **M2** Elaboración del modelo BIM de todas las especialidades **M3** Aplicación de herramientas del software Revit para la detección de interferencias.

2	Implementar un flujo de trabajo BIM Revit–Delphin Express para generar metrados automáticos y desarrollar un presupuesto preciso que optimice la toma de decisiones durante la etapa de planificación frente al expediente técnico original.	**M4** Vinculación del modelo BIM desarrollado en Revit con Delphin Express. **M5** Verificación de los metrados obtenidos a partir de modelo vinculado **M6** Integración a Delphin Express de costos de materiales, mano de obra y equipos. **M7** Elaboración de presupuesto y cronograma con la implementación del software.
3	Comparar la utilización de prelosas prefabricadas como método constructivo alternativo, con el sistema convencional de losas aligeradas y macizas del expediente de la I.E Gran Libertador Simón Bolívar, analizando el impacto en los procesos constructivos y en el uso de los recursos.	**M8** Evaluación de beneficios del sistema de elementos prefabricados. **M9** Análisis comparativo entre sistema convencional y sistema de prelosas (tiempo, recursos, viabilidad, limitaciones y alcances)

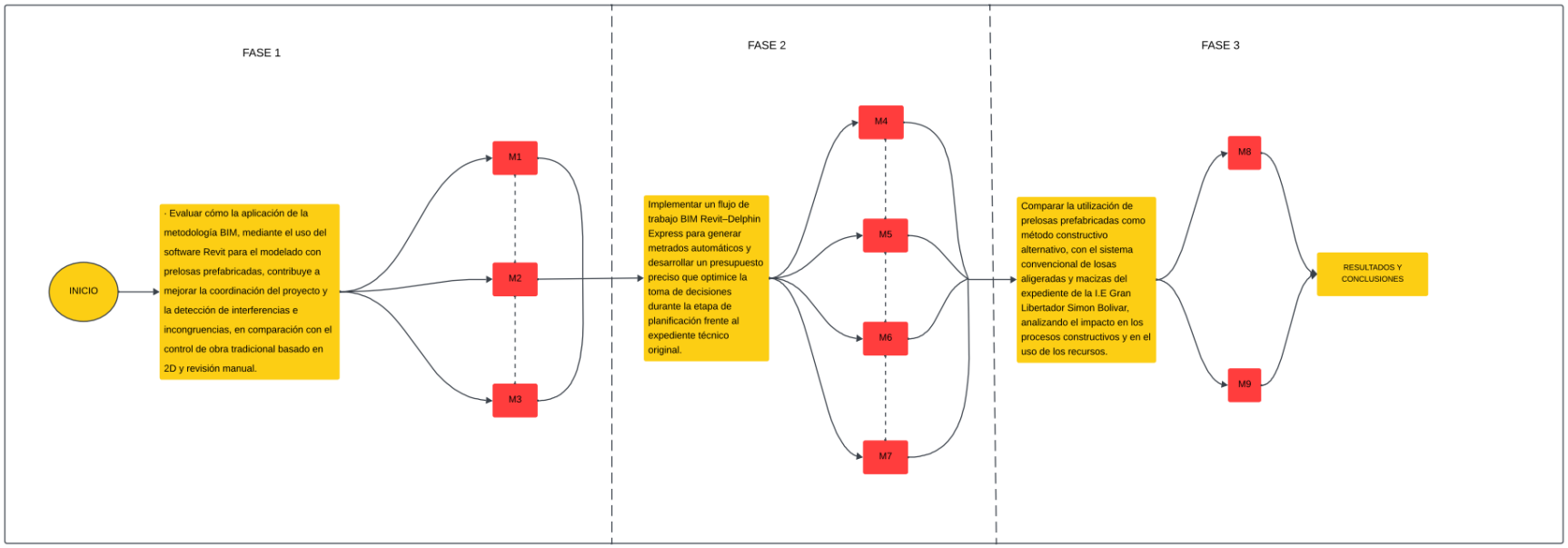
La Tabla 10, anteriormente mostrada, muestra los métodos de investigación propuestos para cumplir con los objetivos específicos propuestos en el apartado 1.5.2. Dichos métodos son tanto teóricos como aplicativos con relación al tema que se desea investigar.

A continuación, en el punto 3.6 Esquema metodológico, **Figura 16**; se muestra el esquema de Objetivos-métodos.

3.6. Esquema metodológico

Figura 16

Cuadro esquema de Objetivos-métodos



Nota. Cuadro de objetivos-métodos, en los cuadros de amarillo se puede observar los objetivos, y en los cuadros de rojos, se puede observar los métodos puestos en su respectiva abreviación.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Comparación de configuración estructurales de sistemas de losas.

4.1.1. Configuración de losa tradicional

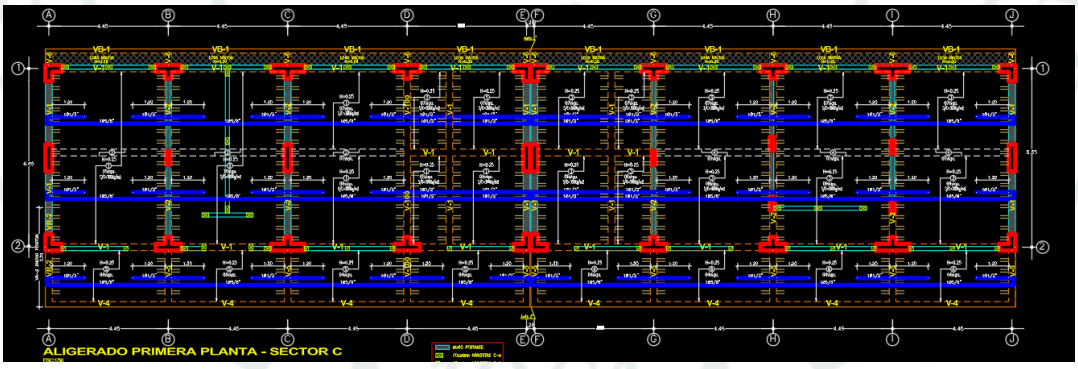
El expediente técnico contempla una configuración estructural compuesta por losas aligeradas y losas macizas. De acuerdo con los planos estructurales proporcionados por la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero, en el primer nivel las losas aligeradas presentan un espesor de 0.25 m, mientras que las losas macizas tienen un espesor de 0.20 m.

Para el segundo nivel, se mantiene la misma configuración estructural, conservándose espesores de 0.25 m para las losas aligeradas y de 0.20 m para las losas macizas.

La variación en la configuración se presenta en el tercer nivel, donde el espesor de las losas aligeradas se reduce a 0.20 m; sin embargo, las losas macizas mantienen el mismo espesor de 0.20 m.

Figura 17

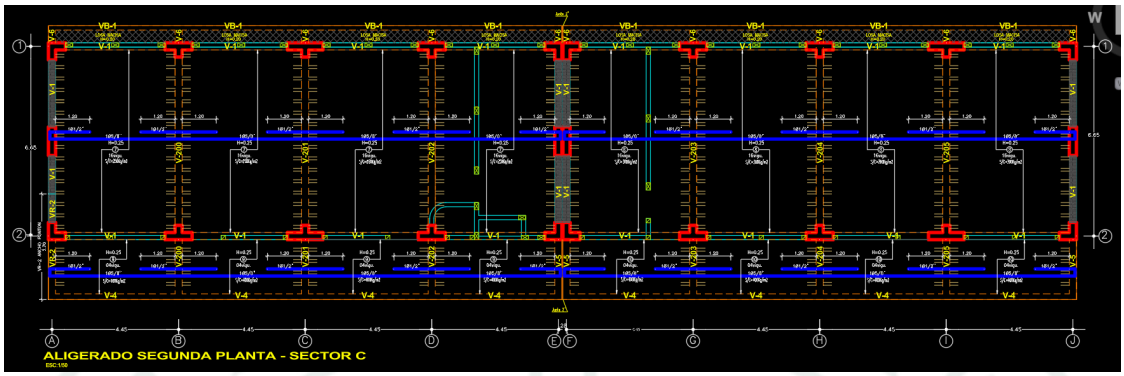
Plano en planta de losa aligerada primera planta



Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

Figura 18

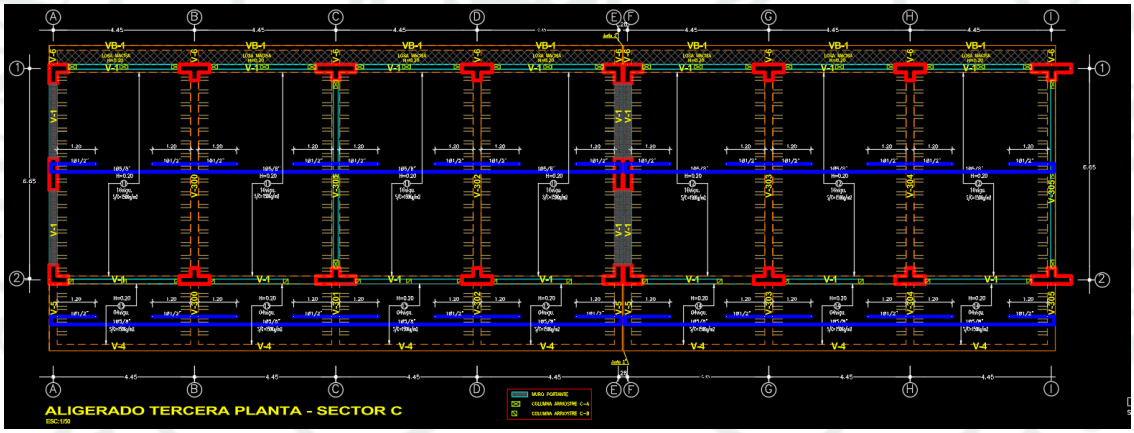
Plano en planta de losa aligerada segunda planta



Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

Figura 19

Plano en planta de losa aligerada tercera planta

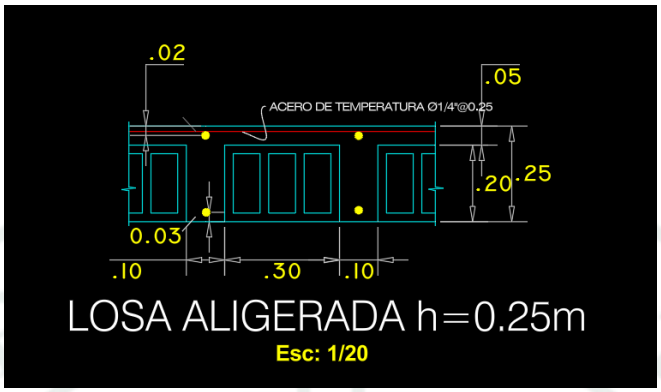


Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

De igual forma se detallan los detalles típicos de las losas proyectadas, donde se definirá de manera específica la configuración del acero de refuerzo, incluyendo la disposición de las barras, diámetros, espaciamientos y criterios de armado requeridos para cada elemento estructural, en concordancia con los planos de diseño y las exigencias establecidas en el expediente técnico.

Figura 20

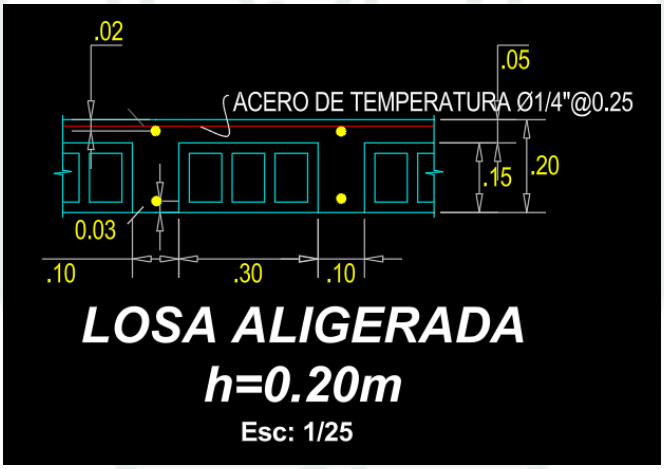
Detalle de losa aligerada espesor 0.25 m



Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

Figura 21

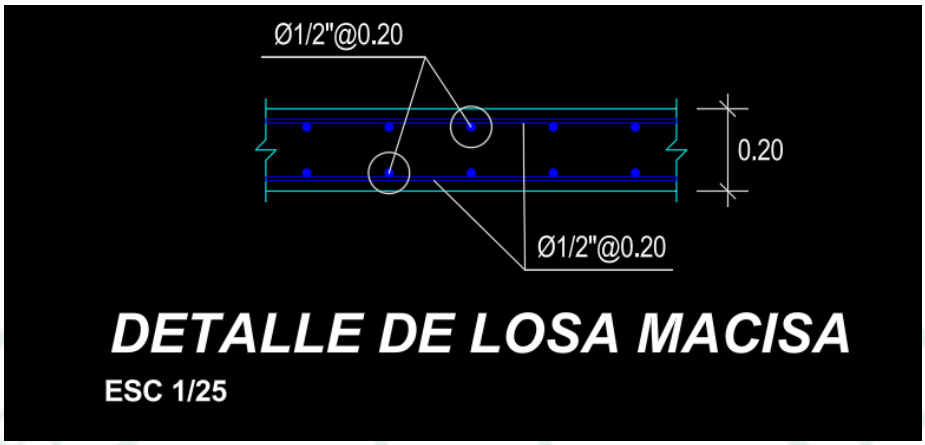
Detalle de losa aligerada espesor 0.20 m



Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

Figura 22

Detalle de losa maciza espesor 0.20 m



Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

4.1.2. Configuración de propuesta de edificación con sistema de prelosas

Con base en los planos estructurales, de instalaciones sanitarias y de instalaciones eléctricas del proyecto, la información técnica es remitida al proveedor Beton Decken, quien realiza el análisis estructural correspondiente y el desarrollo del modulado de las prelosas prefabricadas, considerando las condiciones de carga, luces de diseño y criterios estructurales establecidos para la edificación.

Como resultado de este proceso, el proveedor presenta una propuesta técnica integral compuesta por los planos estructurales de las prelosas, detalles de armado, distribución de refuerzos y especificaciones constructivas necesarias para garantizar la estabilidad, rigidez y continuidad estructural del sistema de entrepiso. Asimismo, la propuesta define la disposición y orientación de las prelosas de acuerdo con la geometría de la edificación y las condiciones de apoyo de cada nivel.

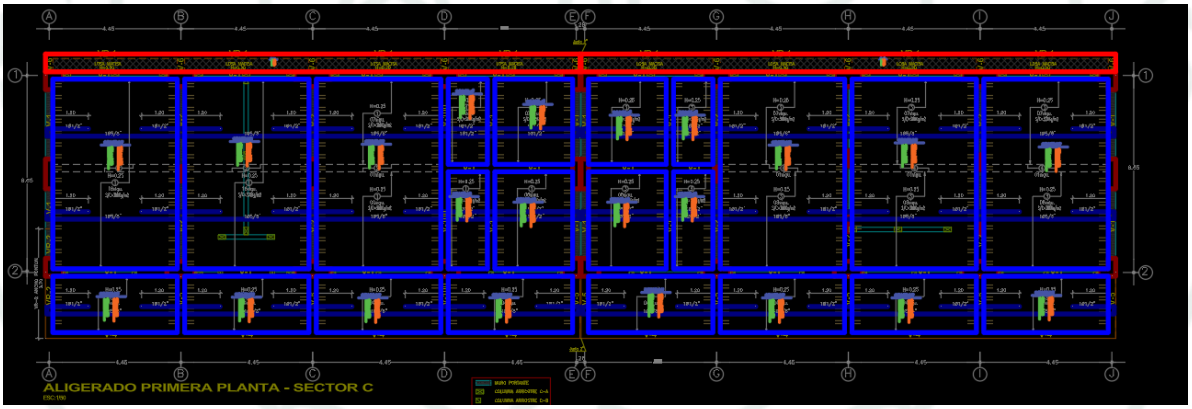
Para el caso de estudio, la propuesta técnica elaborada por Beton Decken introduce modificaciones en la configuración estructural de las losas respecto a lo establecido en el expediente técnico original. En el primer nivel, las losas aligeradas reducen su espesor de 0.25 m a 0.20 m, mientras que las losas macizas mantienen el espesor de 0.20 m.

En el segundo nivel, se conserva el mismo criterio estructural adoptado para el primer piso, reduciendo las losas aligeradas de 0.25 m a 0.20 m y manteniendo las losas macizas con un espesor constante de 0.20 m. Finalmente, en el tercer nivel, tanto las losas aligeradas como las losas macizas conservan un espesor de 0.20 m, conforme a la configuración estructural propuesta por el proveedor.

Estas modificaciones permiten uniformizar la configuración de los entrepisos y optimizar el sistema estructural mediante el empleo de prelosas prefabricadas, manteniendo las condiciones de resistencia y desempeño requeridas para la estructura.

Figura 23

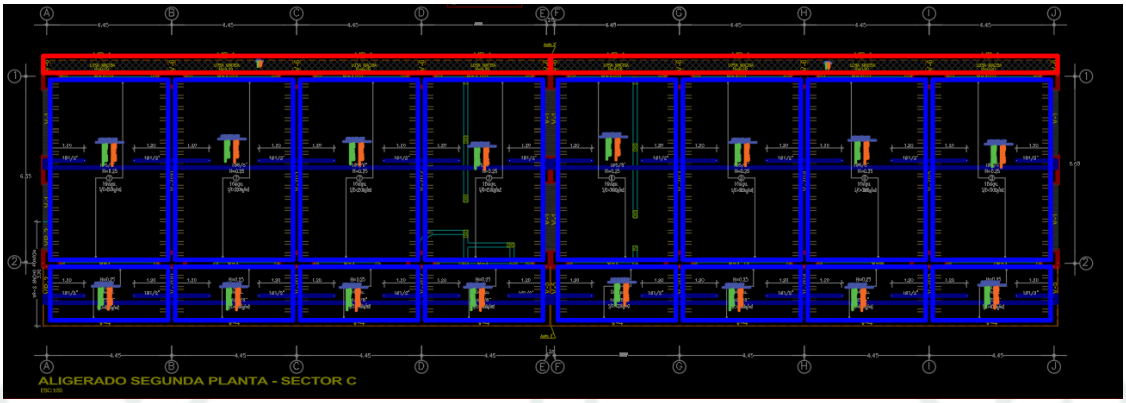
Plano de planta del primer nivel con prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor.



Nota. Propuesta técnica de proveedor Beton Decken.

Figura 24

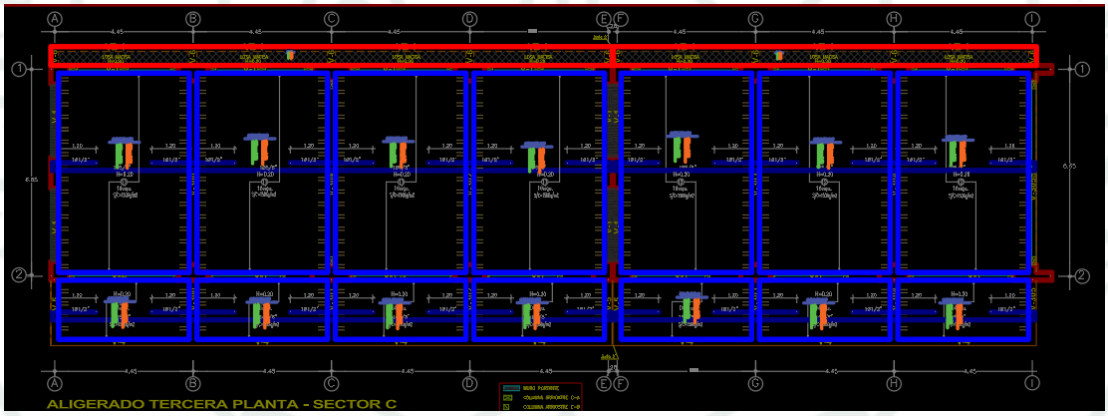
Plano de planta del segundo nivel con prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor



Nota. Propuesta técnica de proveedor Beton Decken.

Figura 25

Plano de planta del tercer nivel con prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor



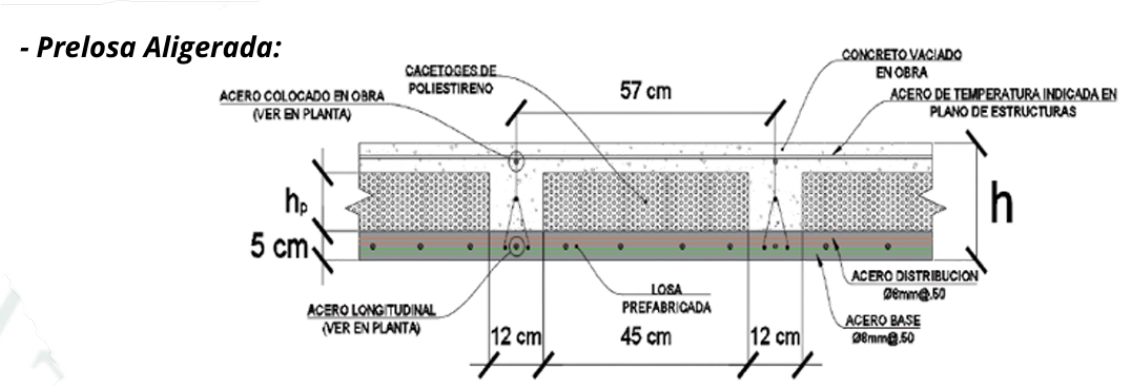
Nota. Propuesta técnica de proveedor Beton Decken.

De igual manera, los planos se complementan con los detalles técnicos correspondientes al sistema de prelosas, incluyendo las especificaciones del acero de refuerzo incorporado en cada elemento prefabricado, la resistencia y características del concreto a emplear, los materiales requeridos para su fabricación y los refuerzos adicionales que deberán colocarse en obra. Asimismo, se detallan los elementos embebidos en las prelosas, tales como

taliches y casetones de poliestireno, además las características de la capa de concreto que debe ser vaciada en obra.

Figura 26

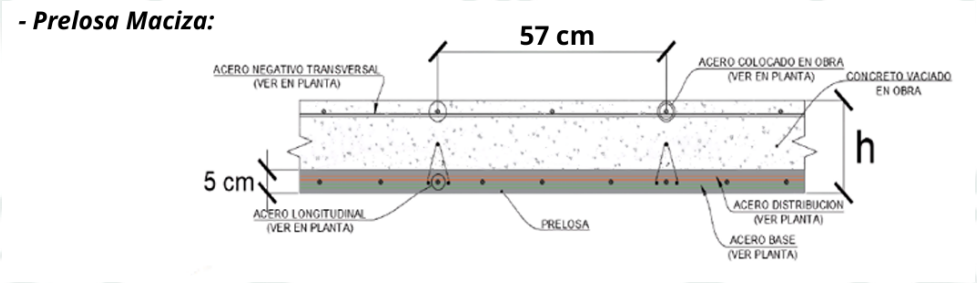
Detalle típico de prelosa aligerada



Nota. Propuesta técnica de proveedor Beton Decken.

Figura 27

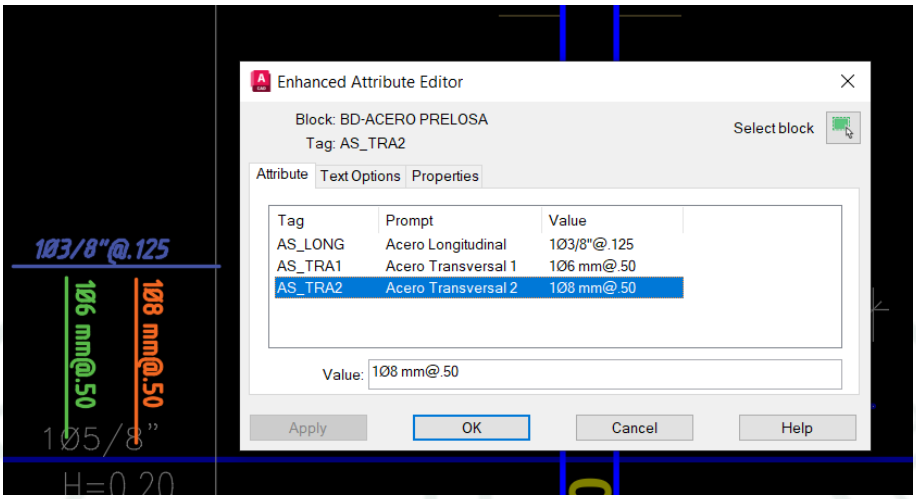
Detalle típico de prelosa maciza.



Nota. Propuesta técnica de proveedor Beton Decken.

Figura 28

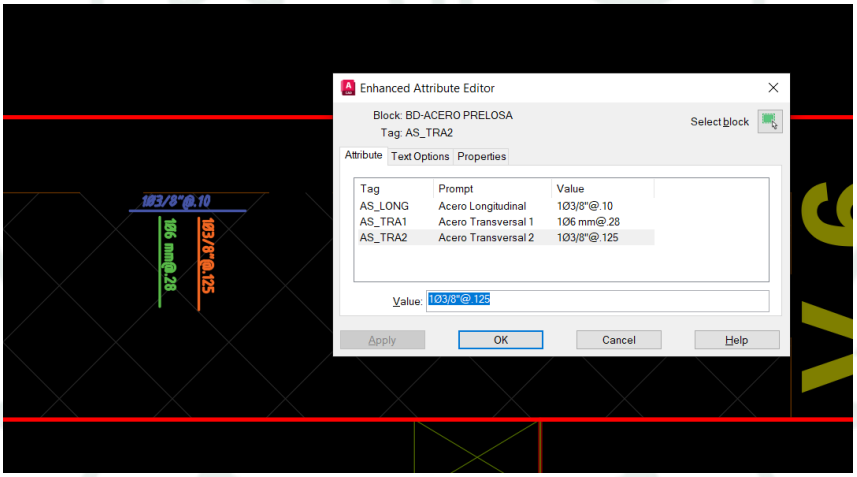
Detalle de acero de prelosa aligerada 0.20m



Nota. Propuesta técnica de proveedor Beton Decken.

Figura 29

Detalle de acero de prelosa maciza espesor 0.20 m.



Nota. Propuesta técnica de proveedor Beton Decken.

4.2. Proceso de elaboración de modelo 3D en Revit

4.2.1. Datos generales.

Para la elaboración del modelo 3D se utilizó la información del expediente técnico para poder realizar el análisis del pabellón C, de la institución educativa Simón Bolívar ubicada en el distrito de Jose Luis Bustamante y Rivero.

El desarrollo del modelo consideró la sustitución de las losas aligeradas y losas macizas originalmente planteadas en el expediente técnico por un sistema de prelosas, de acuerdo con la propuesta técnica proporcionada por la empresa Beton Decken.

El modelado en tres dimensiones es una fase esencial dentro del enfoque BIM, ya que permite construir una representación digital detallada de todos los elementos que conforman el proyecto y de la forma en que interactúan entre sí. Mediante esta herramienta es posible revisar de forma anticipada la estructura, la arquitectura, las instalaciones sanitarias y las instalaciones eléctricas, con la finalidad de detectar incongruencias e interferencias entre las especialidades antes de llegar a obra. Esto contribuye a una planificación más precisa y a una mejor toma de decisiones técnicas.

En este capítulo se expone el proceso que se siguió para generar el modelo 3D del proyecto, describiendo los softwares empleados, los criterios adoptados durante el modelado y la forma en que se integraron las diferentes disciplinas. El modelo resultante sirvió como base para evaluar y comparar el sistema constructivo convencional con la alternativa de prelosas, proporcionando la información necesaria para sustentar el análisis desarrollado en esta investigación.

4.3. Desarrollo del modelo por especialidades en revit

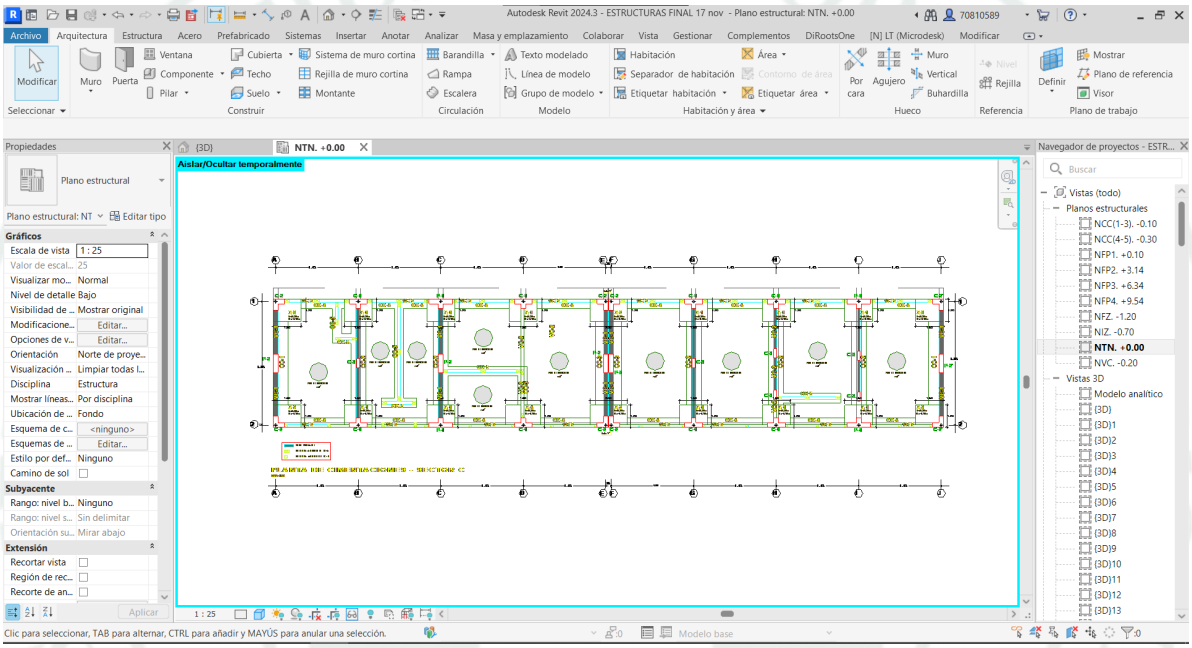
4.3.1. Modelo estructural

El proceso de modelado BIM se inició con la disciplina de estructuras, debido a que esta constituye la base sobre la cual se desarrollan posteriormente los modelos arquitectónico, sanitario y eléctrico. Para ello, se trabajó inicialmente con los planos del expediente técnico correspondientes al pabellón seleccionado, el cual cuenta con tres niveles y representa el bloque de mayor dimensión dentro de la institución educativa. Dichos planos estructurales fueron incorporados a Revit para dar inicio al levantamiento detallado de la estructura.

Asimismo, durante el desarrollo del modelo estructural, se reemplazaron los planos de losas contemplados originalmente en el expediente técnico por los planos de prelosas proporcionados en la propuesta técnica de la empresa Beton Decken. Esta modificación permitió adaptar el modelo estructural al sistema constructivo prefabricado propuesto.

Figura 30

Importación de planos a Revit.



Nota. Elaboración propia

El nivel de desarrollo empleado correspondió a LOD 300 y LOI 300, dado que el modelado en Autodesk Revit se realizó con un grado de definición que permite representar de manera precisa la geometría de los elementos, incluyendo dimensiones exactas, ubicación y configuración constructiva. Asimismo, el nivel de información incorporado contempla la identificación del tipo de elemento, su nomenclatura y las propiedades técnicas y materiales especificados en los planos del proyecto, garantizando la coherencia entre el modelo digital y la documentación técnica.

Este nivel de desarrollo fue posible gracias a la información detallada contenida en los planos estructurales del expediente técnico, los cuales proporcionaron datos técnicos necesarios

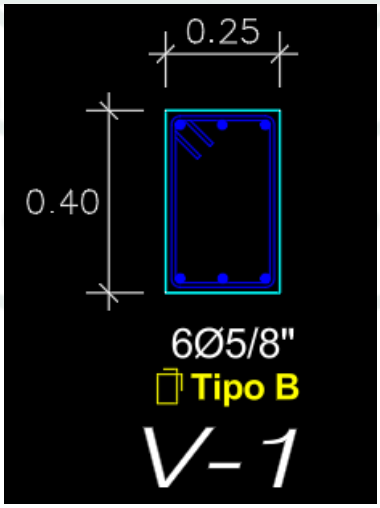
para el modelado de cada elemento estructural. Entre estos se incluyen dimensiones de secciones, especificaciones de acero de refuerzo, espaciamiento de estribos, niveles, recubrimientos y resistencia de materiales, permitiendo trasladar la información convencional en 2D hacia una representación tridimensional más precisa y completa dentro del entorno BIM.

De esta manera, el proceso de modelado no se limitó únicamente a la representación gráfica de los elementos estructurales, sino que también implicó la incorporación de información técnica asociada a cada componente del modelo. Esto permitió desarrollar elementos paramétricos con características constructivas definidas y compatibles con los requerimientos de coordinación interdisciplinaria del proyecto.

A continuación, se presenta un ejemplo representativo que evidencia el proceso de transformación de un detalle estructural tradicional en 2D hacia su desarrollo dentro del modelo BIM. En la figura se observa un detalle típico de armado estructural que contiene información técnica como dimensiones del elemento, distribución del acero de refuerzo y espaciamiento de estribos, información que posteriormente fue interpretada y modelada en tres dimensiones bajo los criterios establecidos para un LOD 300 y LOI 300.

Figura 31

Detalle V-1



Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

Figura 32

Cuadro de estribos de vigas



CUADRO DE ESTRIBOS DE VIGAS		
TIPO	Ø	ESPACIAMIENTO
A	3/8"	2@0.05, 4@0.10, 2@0.15,Rto.@0.20 c/ext.
B	3/8"	2@0.05, 4@0.10, Rto.@0.20 c/ext.
C	8mm	1@0.05, 4@0.10, Rto.@0.20 c/ext.
D	6mm	1@0.05, 4@0.10, Rto.@0.20 c/ext.
E	3/8"	1@0.20 c/ext.

Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

Figura 33

Especificaciones técnicas de concreto



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO

SOLADOS	f'c = 100 Kg/cm²
CONCRETO CICLOPEO	f'c = 140 Kg/cm² +30%P.G. max6"
CONCRETO CIMIENTO	f'c = 140 Kg/cm² +25%P.M. max6"
CONCRETO SOBRECIMIENTO	f'c = 175 Kg/cm²
CONCRETO PISOS Y RAMPAS	f'c = 140 Kg/cm²
ZAPATAS, MUROS Y COLUMNAS	f'c = 210Kg/cm²
COLUMNETAS DE ARRIOSTRE	f'c = 175 Kg/cm²
VIGAS, LOSAS Y ESCALERAS	f'c = 210 Kg/cm²

Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar

Figura 34

Especificaciones técnicas de recubrimiento

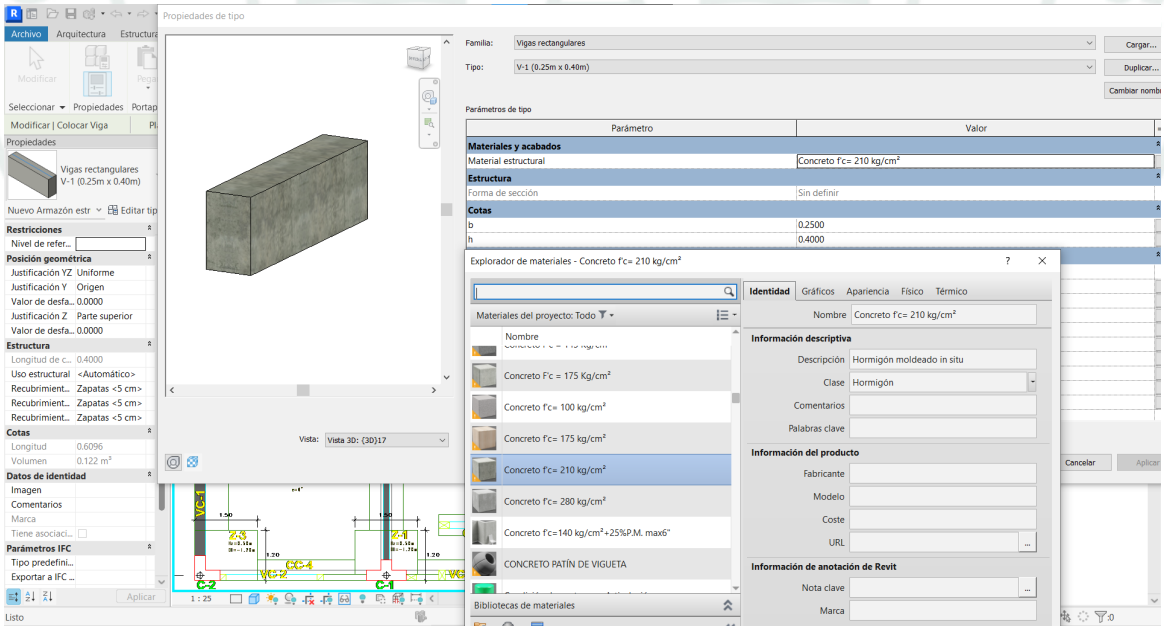


Nota. Obtenido de expediente técnico institución educativa Simón Bolívar.

Por otro lado, el uso Revit permitió unificar y centralizar toda la información del proyecto en un único modelo digital. Esto facilitó el desarrollo del trabajo, ya que la información pudo ser visualizada, revisada y compartida de manera más rápida y accesible entre todos los participantes del proyecto.

Figura 35

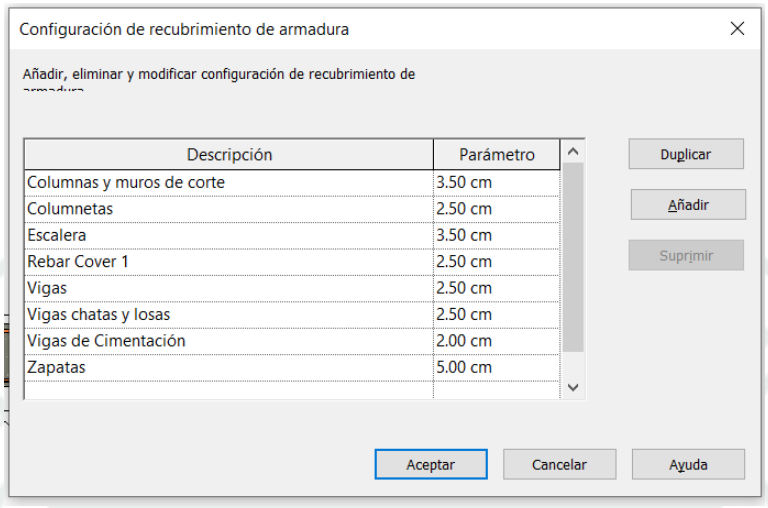
Asignación de recubrimiento



Nota. Elaboración propia

Figura 36

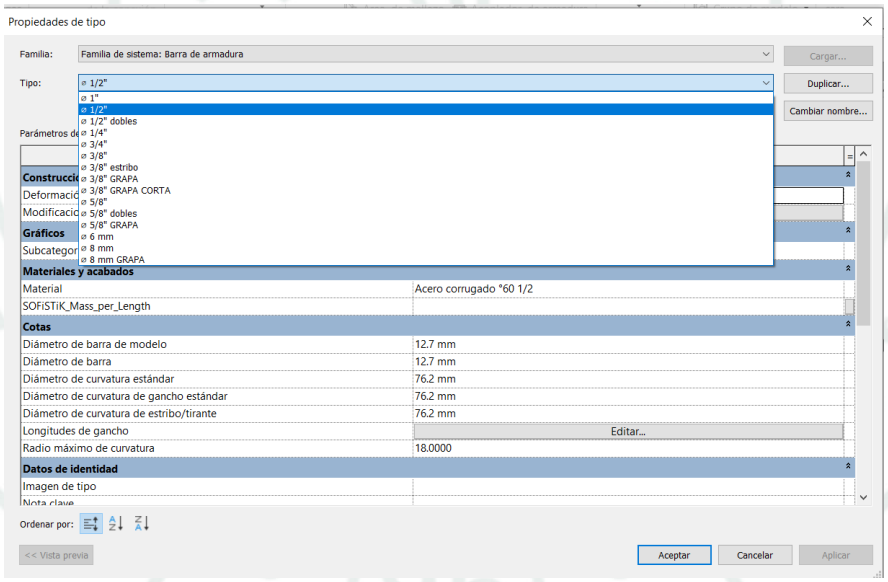
Cuadro de especificaciones de recubrimiento en programa Revit



Nota. Elaboración propia.

Figura 37

Propiedades de acero estructural

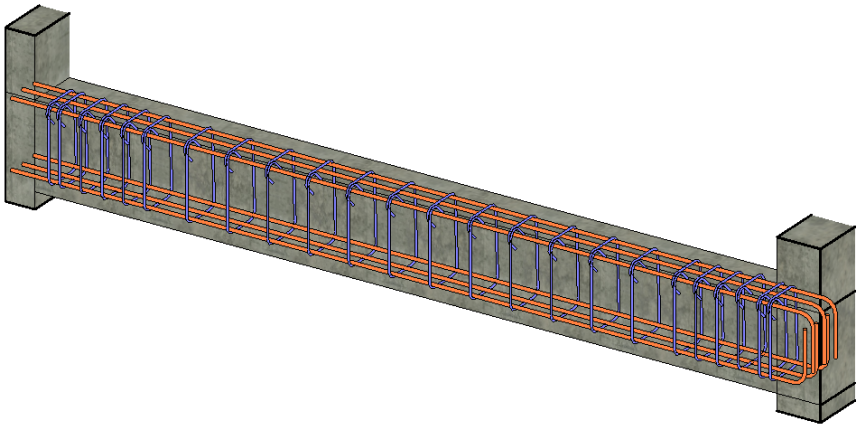


Nota. Elaboración propia.

Una vez cargada la información en Revit, se inició el modelado de los elementos estructurales, incorporando dimensiones, ubicación y propiedades técnicas de acuerdo con los planos del proyecto, tal cual se muestra en la siguiente imagen;

Figura 38

Viga V-1 (0.40 m x 0.20 m)

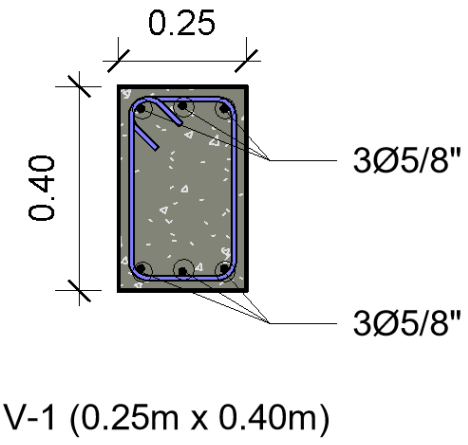


Nota. Elaboración propia.

A partir de este modelado 3D también es posible extraer detalles constructivos que permiten obtener información más específica, la cual puede ser representada mediante planos complementarios, facilitando una comprensión más clara y visual del proyecto.

Figura 39

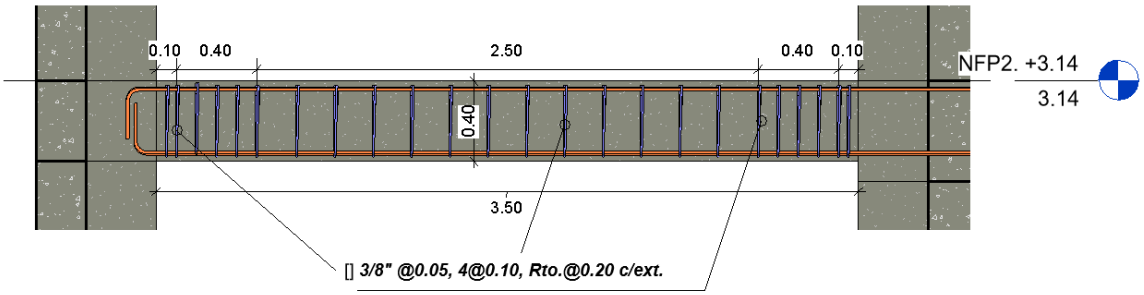
Detalle 1-1 Viga V-1 (0.40 m x 0.20 m)



Nota. Elaboración propia.

Figura 40

Corte 2-2 Viga V-1 (0.40 m x 0.20 m)



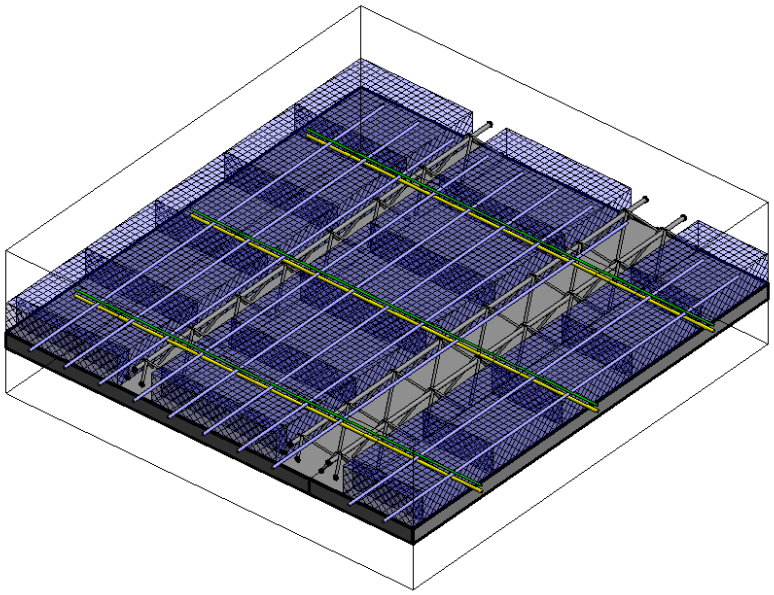
Nota. Elaboración propia.

Como parte del estudio, se incorporó la propuesta técnica desarrollada por la empresa Beton Decken, la cual comprendía el diseño estructural del sistema de prelosas prefabricadas, así como el metrado y la estimación de costos asociados al sistema de techado del pabellón "C", sin considerar el acero estructural grado 60°.

Dicha información fue posteriormente integrada al modelo BIM desarrollado en Revit, respetando las especificaciones geométricas y constructivas definidas por el proveedor, tales como el volumen de concreto, la cuantía de acero y la disposición de los casetones de Tecnopor. Este proceso permitió obtener una representación tridimensional precisa del sistema propuesto, la cual sirvió como base para la verificación y contraste de metrados mediante la comparación entre los resultados del modelo BIM y los valores reportados por la empresa.

Figura 41

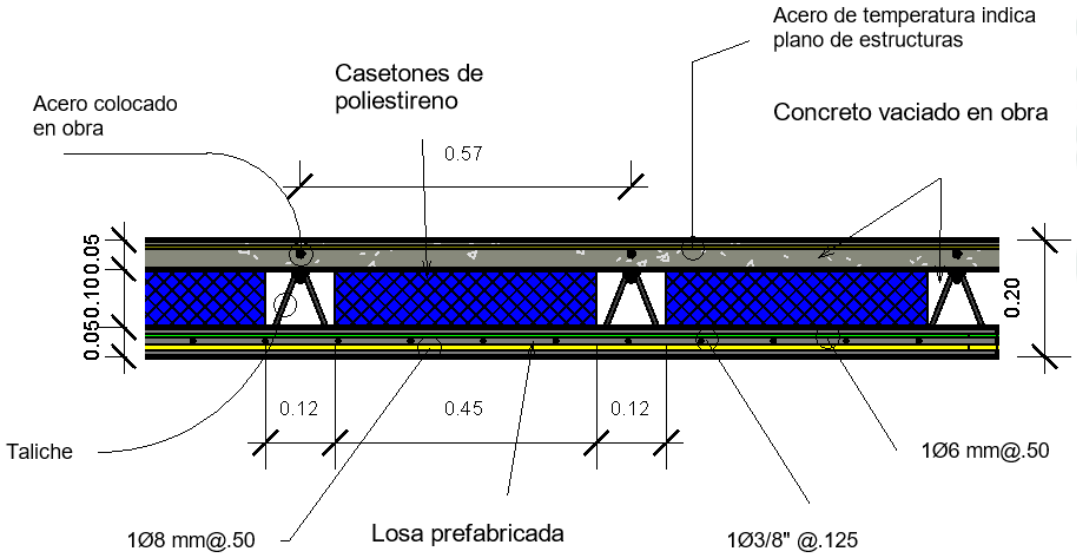
Prelosa aligerada espesor 0.20 m



Nota. Elaboración propia.

Figura 42

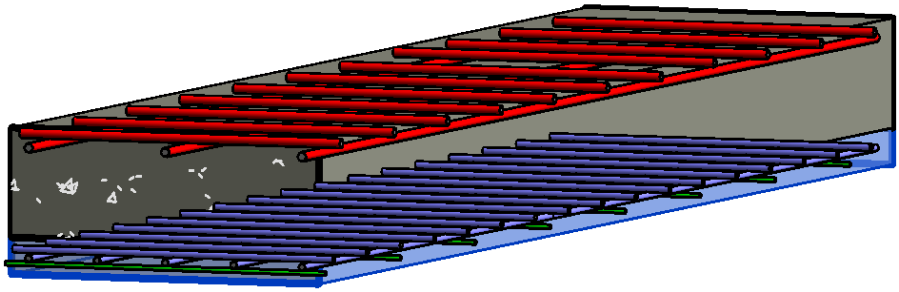
Corte transversal de prelosa aligerada espesor 0.20 m



Nota. Elaboración propia.

Figura 43

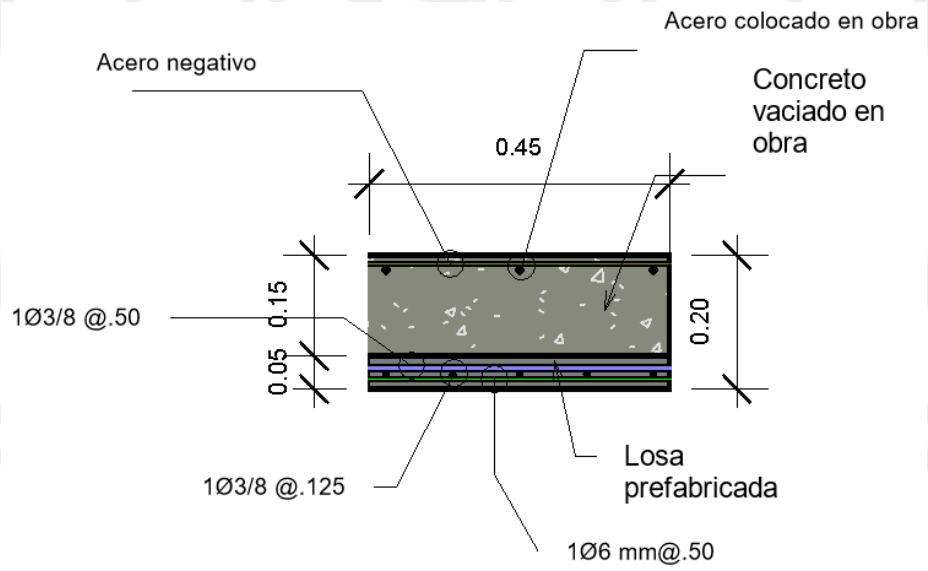
Corte en 3D de prelosa maciza espesor 0.20 m



Nota. Elaboración propia.

Figura 44

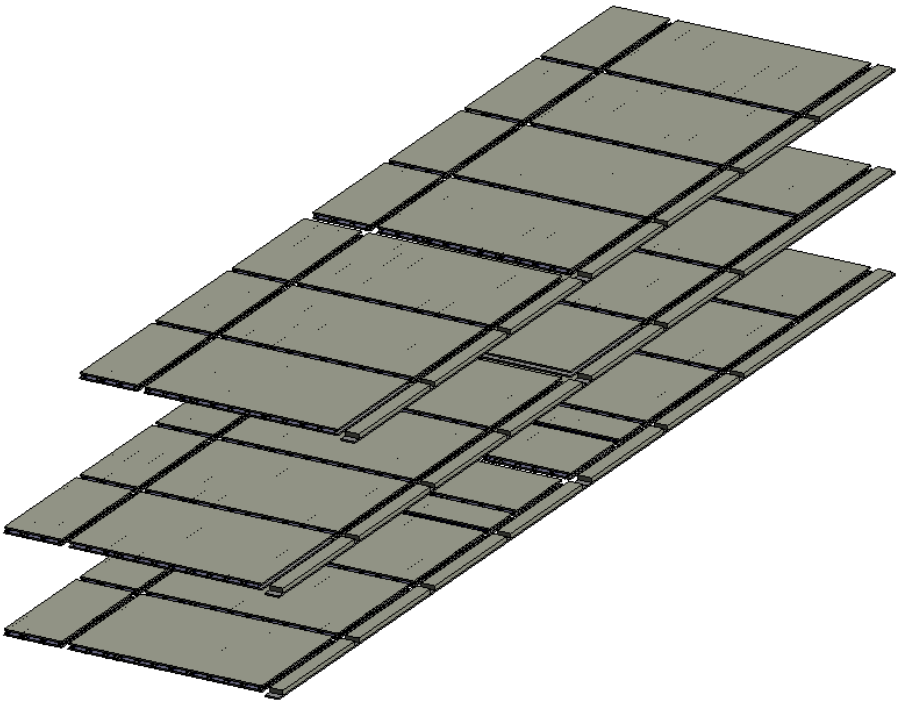
Detalle de acero en prelosa maciza espesor 0.20 m



Nota. Elaboración propia.

Figura 45

Modelado de prelosa aligerada y prelosa maciza de 0.20 m de espesor.



Nota. Elaboración propia.

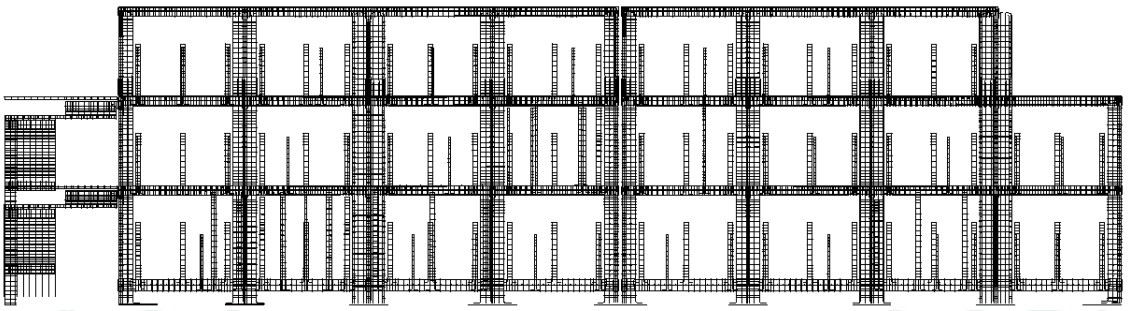
Como se aprecia en la imagen, se realizó la sectorización por paños. Cabe destacar que la diferencia principal radica en que las prelosas aligeradas incorporan casetones de poliestireno, mientras que las prelosas macizas no los utilizan.

Para garantizar un mayor nivel de precisión en el modelado, se realizó la representación completa del acero de refuerzo correspondiente a todo el pabellón “C”. Este proceso incluyó la incorporación detallada de las barras, diámetros, separaciones y anclajes, lo que permitió obtener un modelo estructural más fiel a la realidad constructiva. Asimismo, en el caso específico de las prelosas, se incorporó el modelado de acero de refuerzo asociado tanto al acero integrado en la prelosa como al acero que sería colocado in situ en obra, con la finalidad de cuantificar de manera más precisa la cantidad total de acero requerida.

Esta decisión se fundamenta en que el presupuesto inicial remitido por la empresa no contemplaba el acero correspondiente a la prelosa ni el acero adicional de colocación en obra, lo que generaba una subestimación de los costos reales del proyecto.

Figura 46

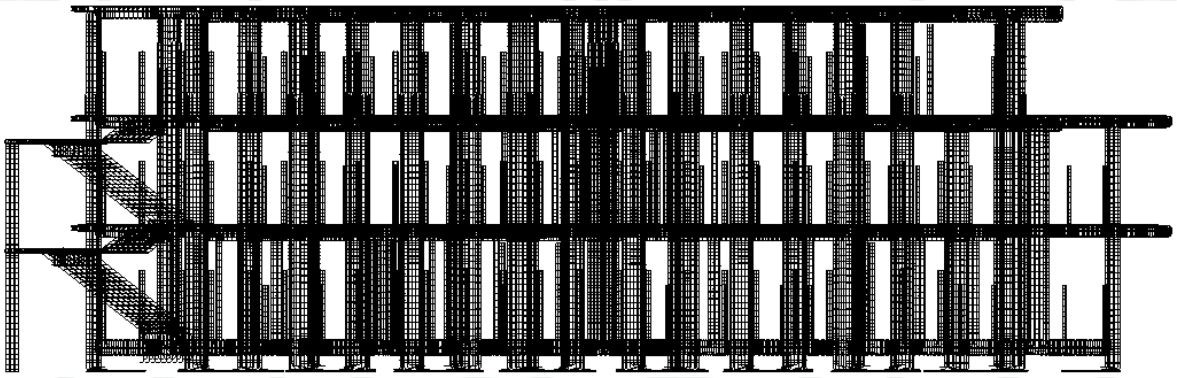
Elevación lateral de acero estructural de edificación



Nota. Elaboración propia.

Figura 47

Vista 3D de acero estructural de edificación

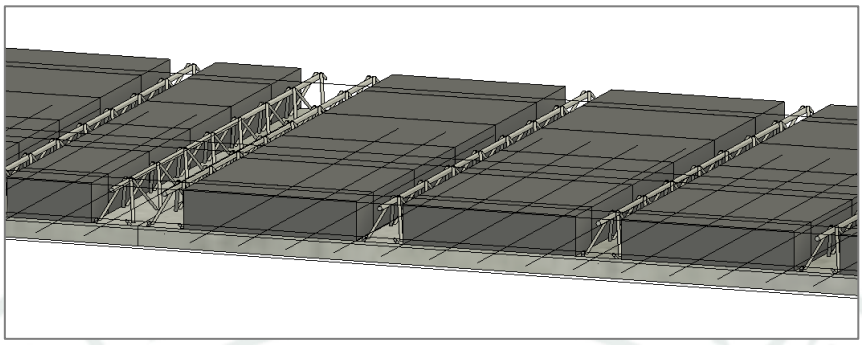


Nota. Elaboración propia.

Dado que la empresa proporcionó el metrado y los precios del material, fue necesario complementar el análisis incorporando los costos de mano de obra y los costos de los equipos requeridos para la instalación del sistema de prelosas. En la siguiente imagen se puede observar la distribución de tralichos, el acero distribuido en la parte inferior y los casetones de Tecnopor.

Figura 48

Vista de prelosas modeladas en Revit



Nota. Elaboración propia.

Este procedimiento se extiende a la totalidad de los elementos estructurales del proyecto, incluyendo zapatas, cimientos corridos, vigas de cimentación, columnas, placas, columnetas, vigas, sobrecimientos y columnas de arriostre, así como prelosas aligeradas y macizas. Adicionalmente, el modelo BIM incorpora la representación tridimensional de la armadura de acero asociada a cada elemento estructural, conforme a sus disposiciones y criterios de diseño. De este modo, se obtiene la modelación integral de la edificación, la cual consolida en un único entorno digital la información del expediente técnico y la incorporación del sistema de prelosas prefabricadas, permitiendo una representación coherente y completa del comportamiento estructural del proyecto.

Figura 49

Modelo Estructural en Revit



4.3.2. Modelo Arquitectónico

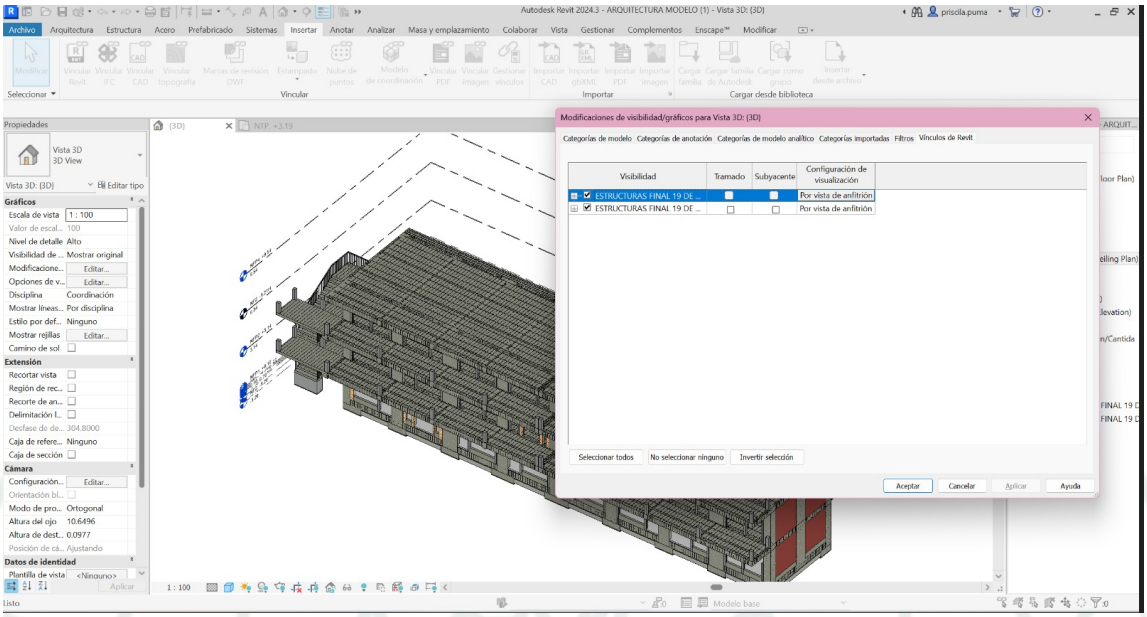
La elaboración del modelo arquitectónico en Revit constituye un componente esencial del trabajo BIM, ya que permite representar digitalmente la organización espacial y las soluciones formales del proyecto. Durante esta fase se incorporan los elementos propios de la arquitectura tales como muros, tarrajeo, puertas, ventanas, mobiliario, pintura, entre otros, para el presente proyecto se modelo con un detalle necesario para asegurar su correcta articulación con las demás especialidades. Asimismo, el entorno de Revit facilita la exploración del edificio en tres dimensiones, lo que contribuye a detectar inconsistencias y a generar documentación técnica más precisa y coherente con el desarrollo del proyecto.

Para el modelado de arquitectura, se siguieron los siguientes pasos:

Culminado el modelado de estructuras en Revit 3D, se comenzó con la vinculación del modelo estructural 3D al archivo arquitectónico mediante la herramienta de enlace de Revit, permitiendo utilizar la estructura como referencia principal para el desarrollo del modelo arquitectónico y garantizando la compatibilidad entre disciplinas.

Figura 50

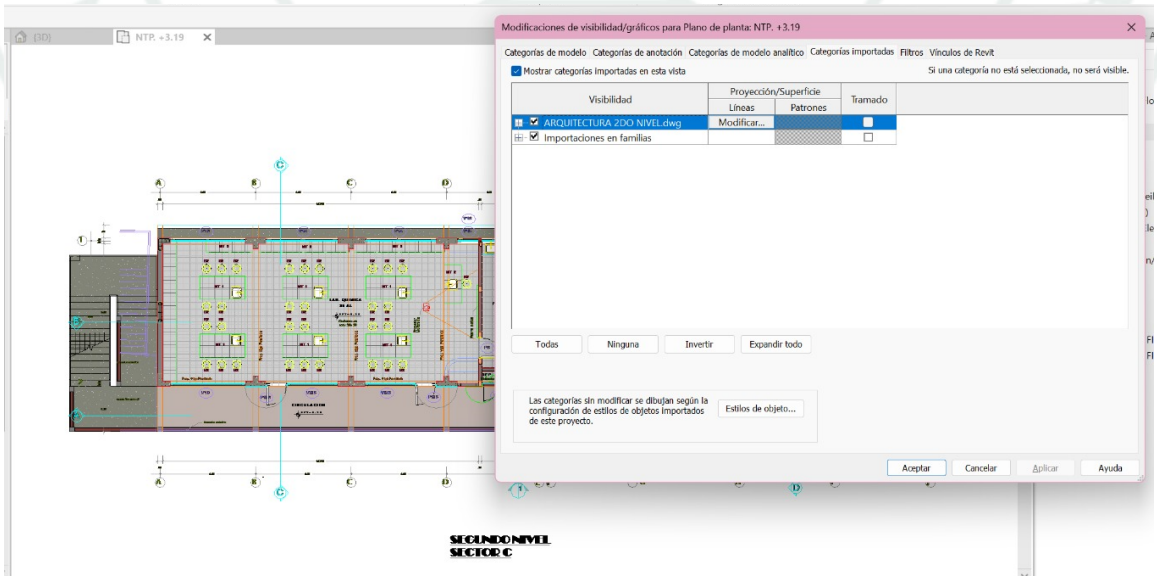
Proceso de vinculación de modelo de estructuras con archivo de arquitectura



Seguidamente, se importaron los planos arquitectónicos en formato CAD (DWG), los cuales fueron ubicados y alineados correctamente según los niveles y ejes definidos en los planos del expediente en 2D.

Figura 51

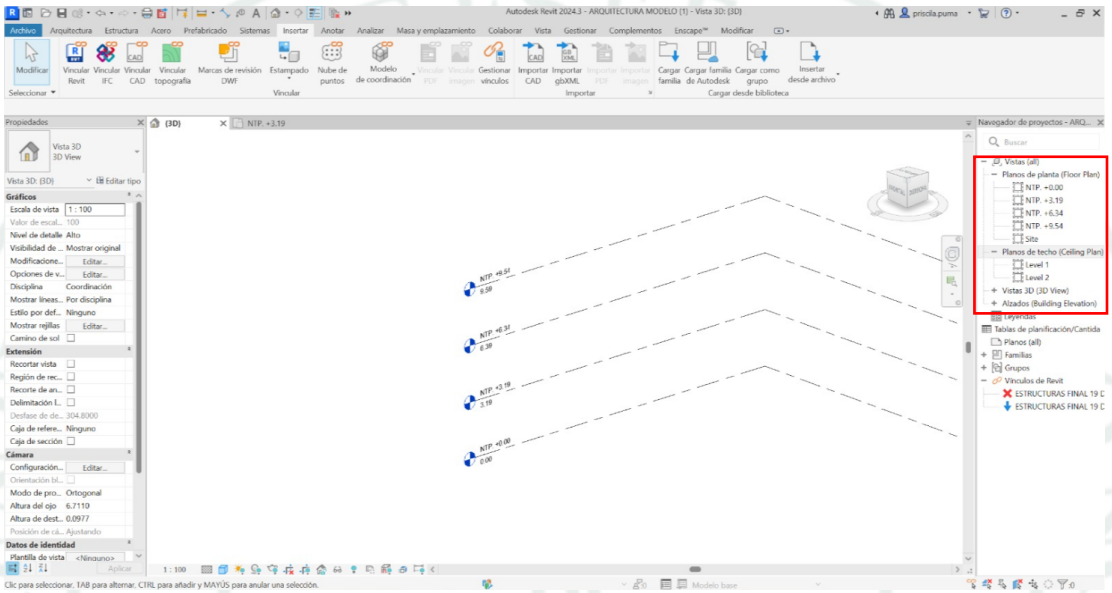
Proceso de importación de planos CAD a Revit



Una vez importados los planos DWG al archivo de Revit, se verificaron y crearon los niveles y ejes de referencia, para asegurar que todos los elementos estén en la posición según están ubicados en los planos del proyecto.

Figura 52

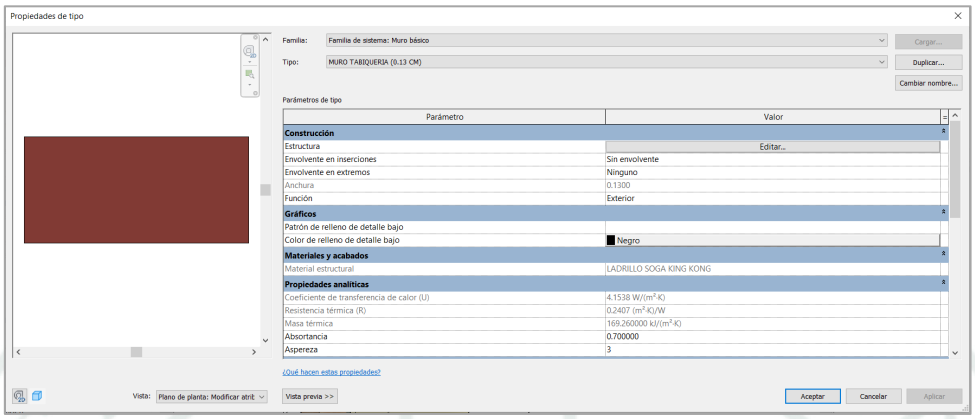
Creación de niveles en Revit



Los primeros elementos modelados correspondieron a los muros de tabiquería, para los cuales se tomó como referencia los planos arquitectónicos en 2D, permitiendo realizar el levantamiento y ubicación precisa de cada muro dentro del modelo BIM. Durante este proceso, se definieron el espesor, la altura y el tipo de ladrillo empleado de acuerdo con las especificaciones establecidas en el proyecto. Posteriormente, se realizó el modelado de los acabados de tarrajeo en muros, columnas y vigas, incorporando finalmente los acabados de pintura correspondientes, con la finalidad de obtener una representación arquitectónica más completa y detallada del proyecto.

Figura 53

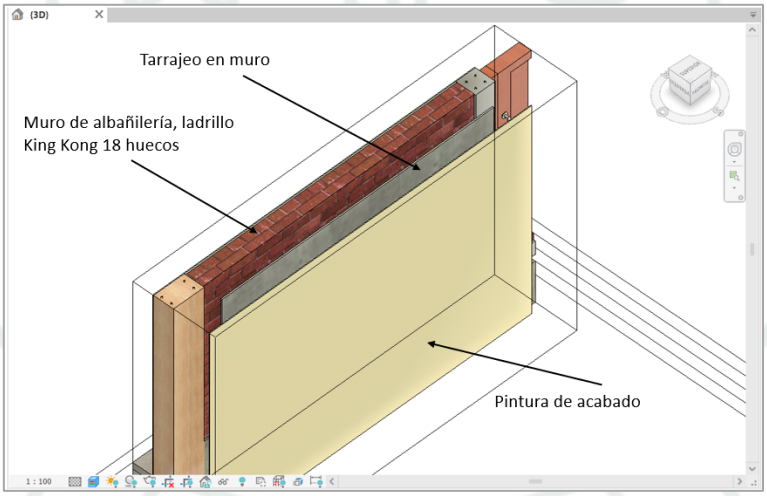
Especificación de Materialidad y Dimensiones de Muros



Nota. Como se observa en la imagen, a cada elemento se le asigno una familia, así como un nombre de tipo, y sus valores según los planos de la institución.

Figura 54

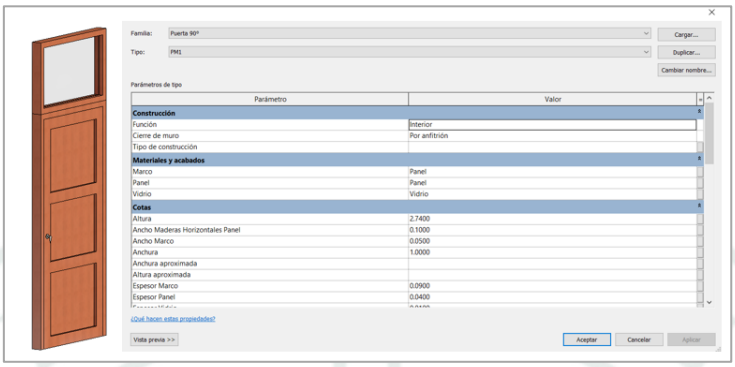
Detalle de muro de albañilería



El siguiente paso consistió en la incorporación y modelado de puertas y ventanas dentro del entorno BIM. Para ello, se desarrollaron familias paramétricas en Revit, tomando como referencia las especificaciones y detalles indicados en los planos arquitectónicos del proyecto. Durante este proceso, se respetaron las dimensiones, alturas, anchos y niveles de instalación establecidos en la documentación técnica, garantizando una adecuada representación de cada elemento.

Figura 55

Detalle de puerta, con información y codificación según planos

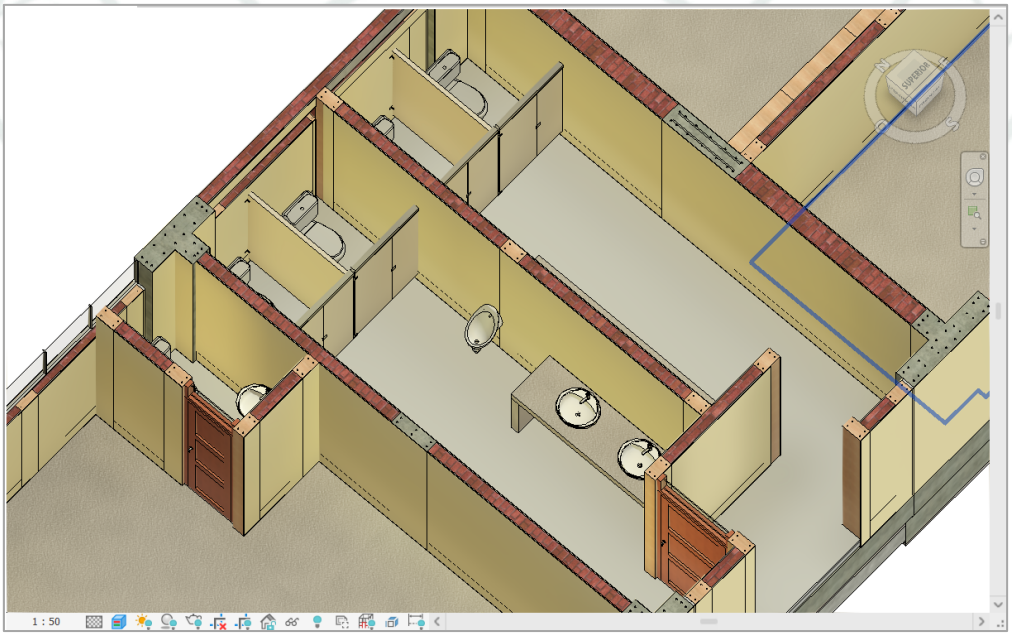


Nota. Elaboración propia.

Finalizando el modelado de puertas y ventanas, se procedió con el modelado e incorporación de los elementos arquitectónicos complementarios. Para ello, se desarrollaron y ubicaron componentes como luminarias, escaleras, mobiliario y aparatos sanitarios, tomando como referencia la distribución y ubicación establecida en los planos del proyecto. Este proceso permitió representar de manera más detallada los espacios arquitectónicos y lograr una mayor aproximación a la configuración final de la edificación.

Figura 56

Vista en 3D de la zona de servicios Higiénicos



En las siguientes imágenes se detallan las vistas en 3D del modelado culminado de arquitectura.

Figura 57

Vista en 3D de la estructura completa

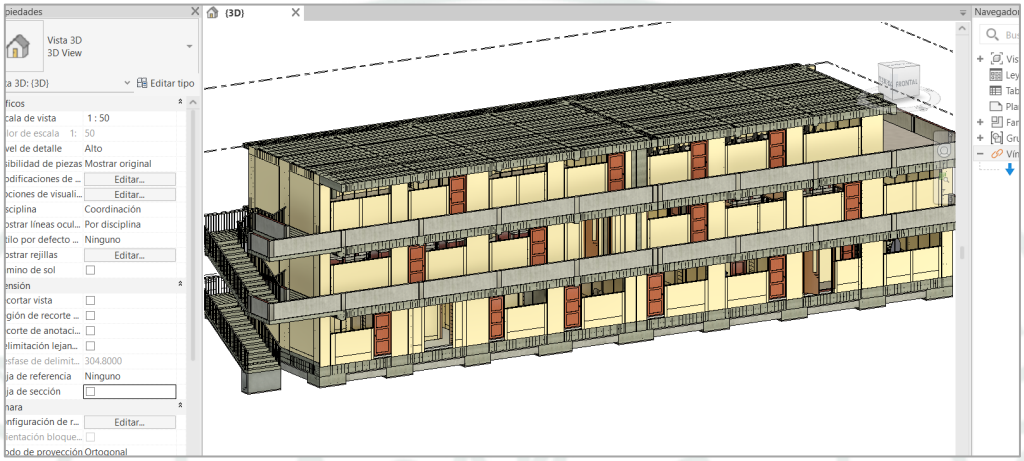
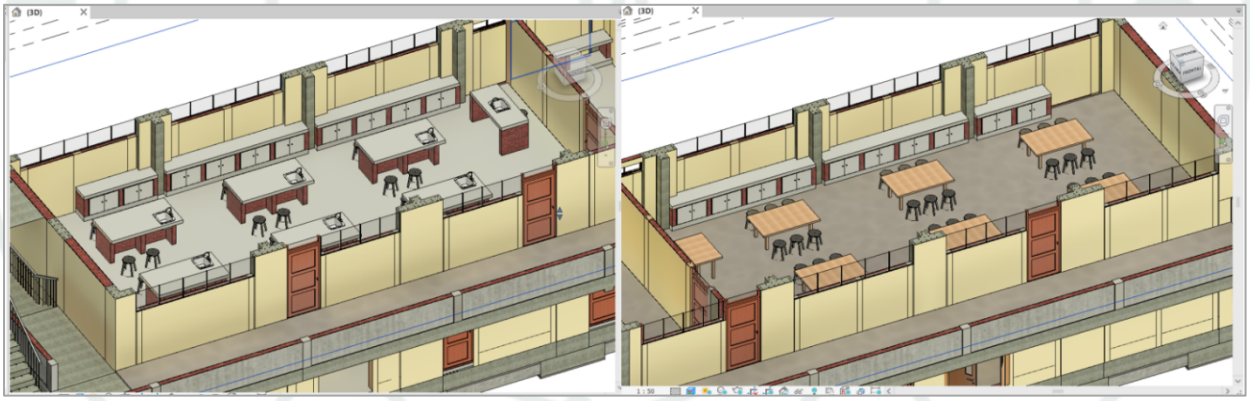


Figura 58

Vista de laboratorios Química y física



4.3.3. Modelo de instalaciones sanitarias

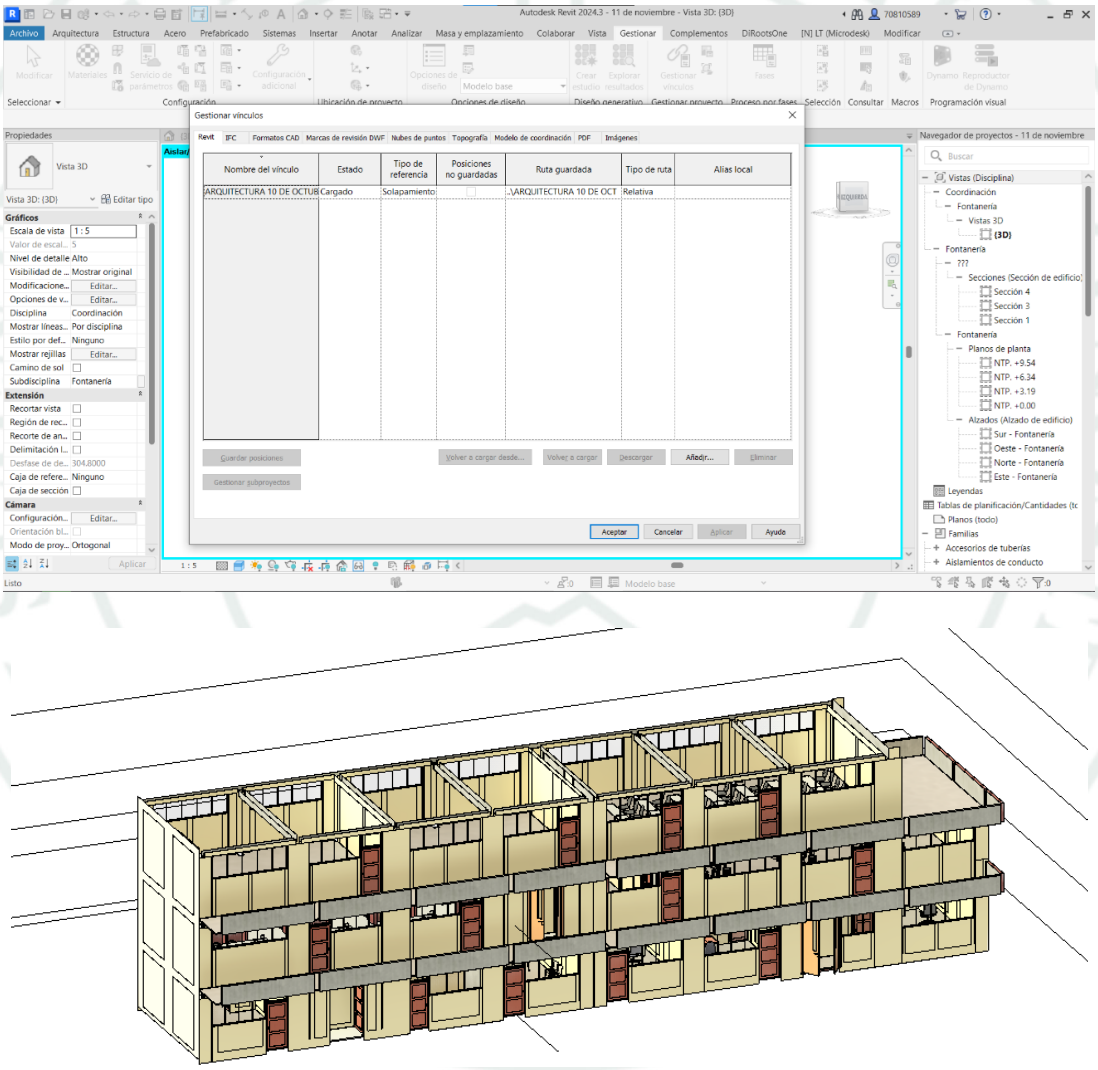
El modelado BIM de las instalaciones sanitarias se desarrolla empleando el software Autodesk Revit, tomando como base la propuesta arquitectónica previamente definida. Esto permite garantizar que la disposición de los aparatos sanitarios, tuberías y puntos de conexión se adapte correctamente a los ambientes proyectados, evitando desalineaciones e interferencias con otros sistemas del edificio. Asimismo, la representación tridimensional facilita la detección

anticipada de posibles conflictos, tales como cruces entre redes, diferencias en las alturas de instalación y variaciones en las dimensiones establecidas.

Inicialmente, se vincula el modelo arquitectónico con el modelo de instalaciones sanitarias dentro de Revit, utilizando la propuesta arquitectónica como referencia principal para el desarrollo del modelado de instalaciones sanitarias.

Figura 59

Vinculación de modelo arquitectónico con modelo de instalaciones sanitarias.



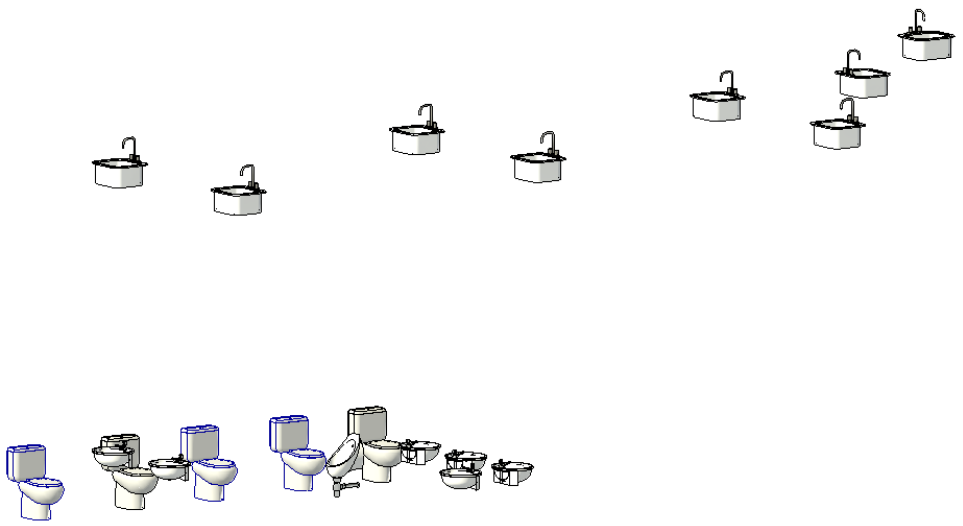
Nota. Elaboración propia.

Posteriormente, se importan y coordinan los diferentes aparatos sanitarios, tales como inodoros, lavamanos, duchas y demás elementos necesarios previamente modelados en

arquitectura. Esta integración permite mantener la compatibilidad entre especialidades y asegurar la correcta ubicación de los componentes sanitarios dentro del proyecto.

Figura 60

Importación de aparatos sanitarios

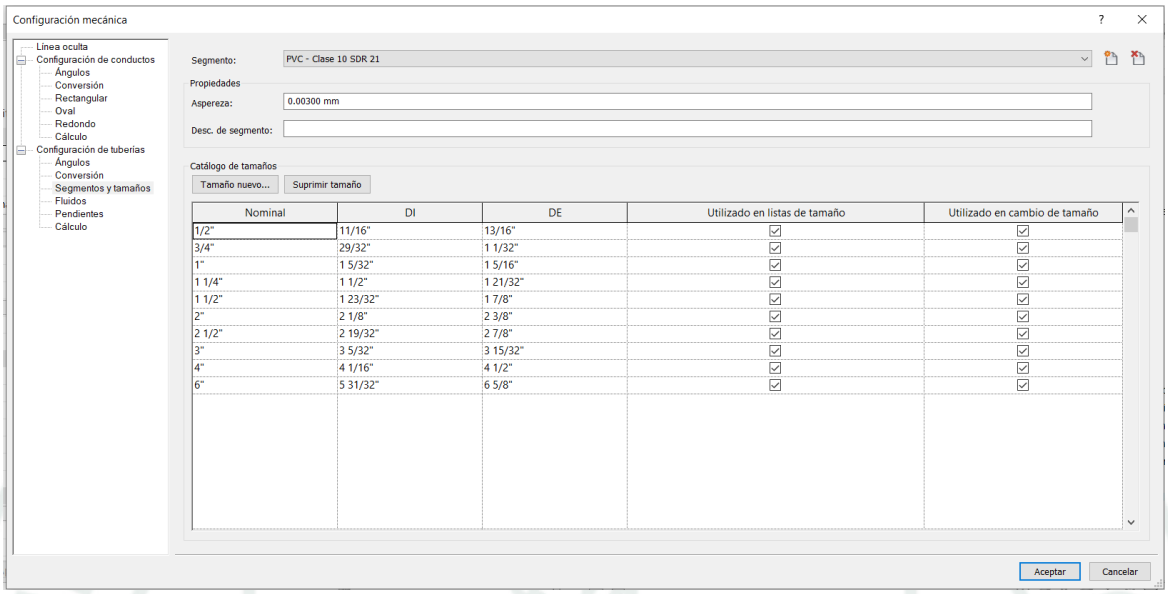


Nota. Elaboración propia.

Posteriormente, se procede con la configuración de los sistemas de tuberías requeridos para las instalaciones sanitarias. En el presente caso de estudio, se modelaron redes de agua fría, desagüe y ventilación sanitaria, configurando parámetros como diámetros, materiales, niveles y tipos de conexión, además de la clasificación correspondiente de cada sistema según su función, ya sea agua fría, desagüe o ventilación, de acuerdo con las especificaciones establecidas en el proyecto.

Figura 61

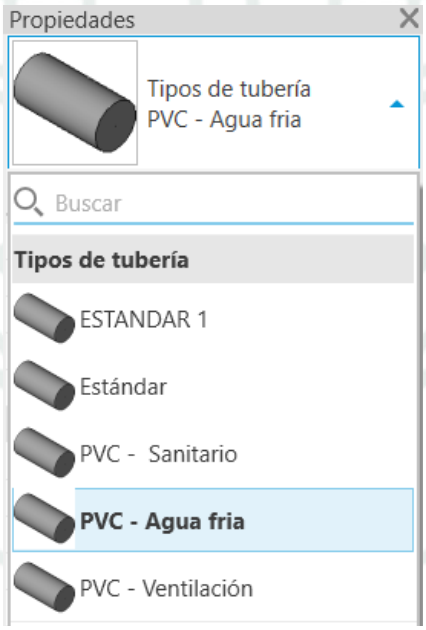
Configuración de diámetros de tuberías de PVC



Nota. Elaboración propia.

Figura 62

Propiedades de tuberías tipo PVC



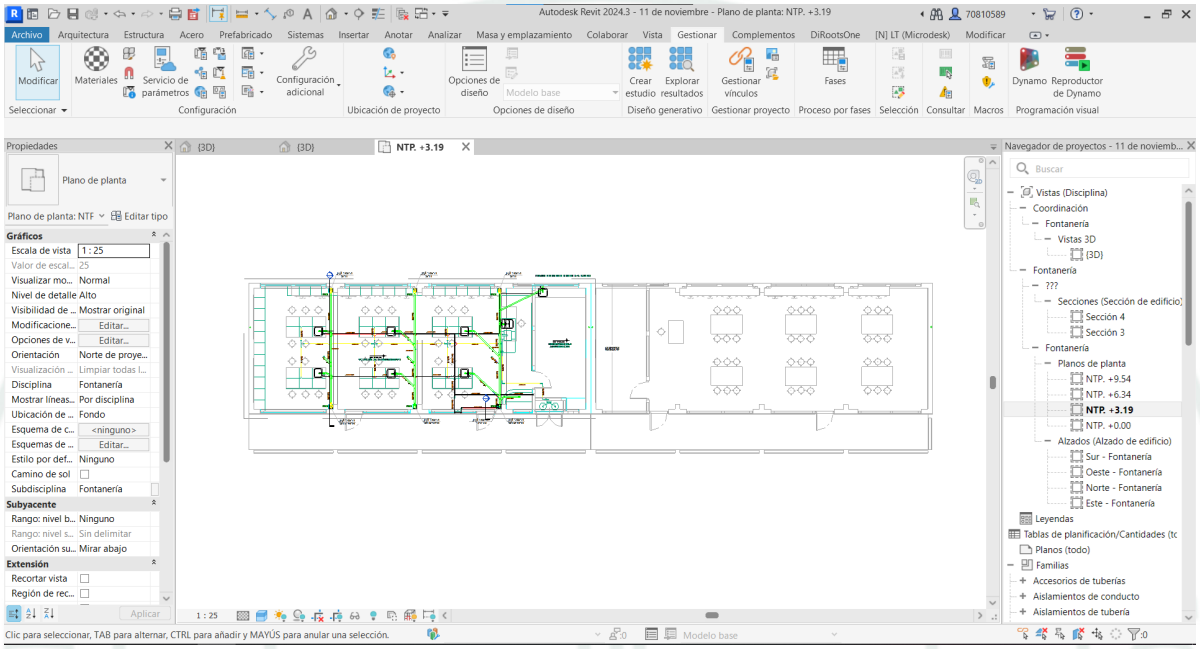
Nota. Elaboración propia.

Una vez configurados los sistemas, se importan los planos de instalaciones sanitarias para iniciar el trazado de las tuberías dentro del modelo BIM. Durante esta etapa, se consideran

los diámetros, pendientes y recorridos establecidos en los planos, garantizando una adecuada distribución de las redes y su compatibilidad con los demás sistemas del edificio.

Figura 63

Propiedades de tuberías tipo PVC

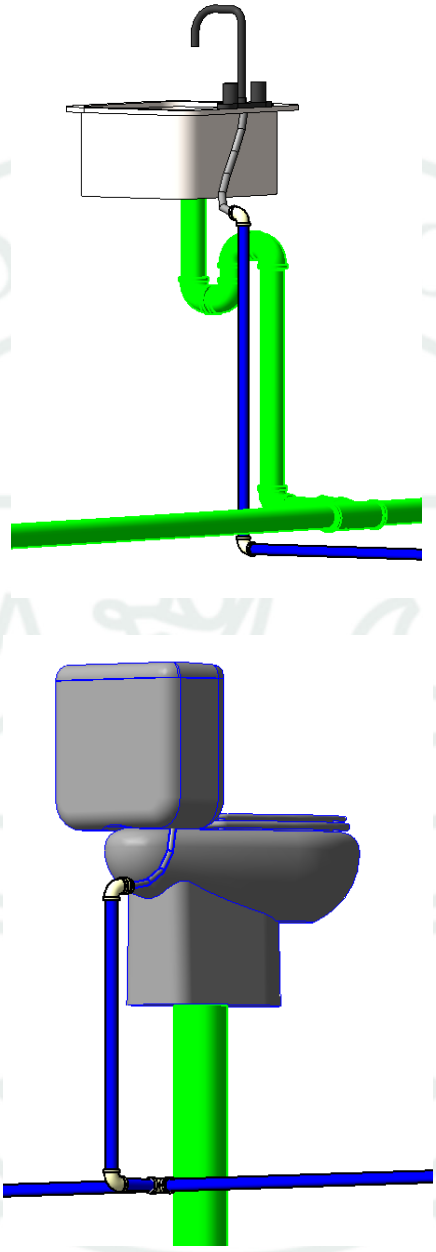


Nota. Elaboración propia.

Finalmente, se realizan las conexiones entre las tuberías y los respectivos aparatos sanitarios, tanto para las redes de abastecimiento de agua como para las de desagüe y ventilación. Posteriormente, se verifican posibles interferencias y se valida el correcto funcionamiento del sistema modelado. De esta manera, el modelo BIM permite obtener una cuantificación ordenada y precisa de tuberías, accesorios y conexiones, facilitando el control de metrados y una mejor gestión de los recursos del proyecto.

Figura 64

Conexionados de tuberías con aparatos sanitarios



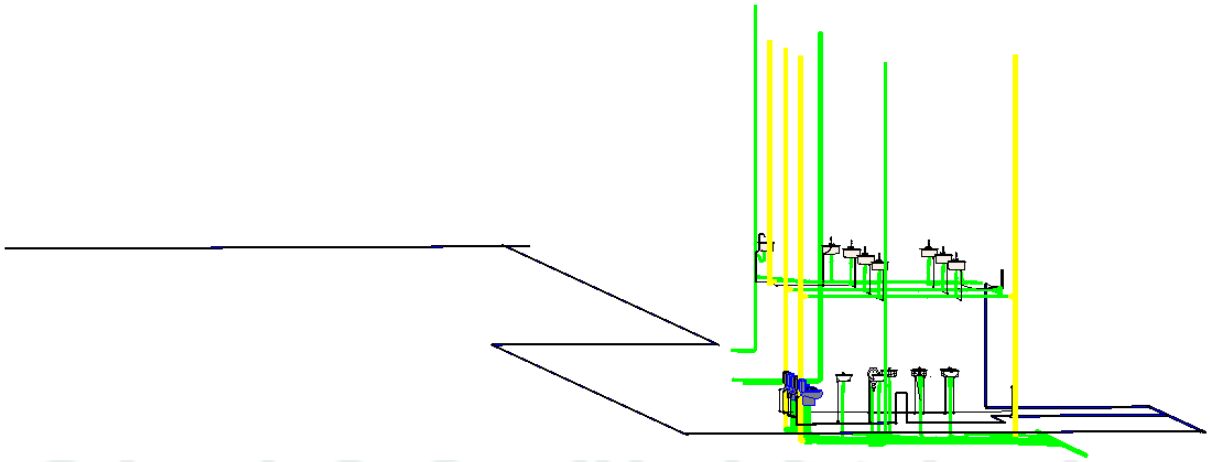
Nota. Elaboración propia.

El modelo isométrico final de las instalaciones sanitarias representa de manera integral la distribución y conexión de las redes de agua fría, desagüe y ventilación sanitaria desarrolladas mediante metodología BIM en Autodesk Revit. Esta representación permite visualizar de forma clara el recorrido de las tuberías, la ubicación de los aparatos sanitarios y la relación entre los diferentes sistemas dentro del proyecto. Asimismo, el modelo facilita la

verificación de interferencias, la correcta coordinación entre especialidades y la obtención de metrados precisos, contribuyendo a una mejor planificación y ejecución de las instalaciones sanitarias.

Figura 65

Modelado de instalaciones sanitarias



Nota. Elaboración propia.

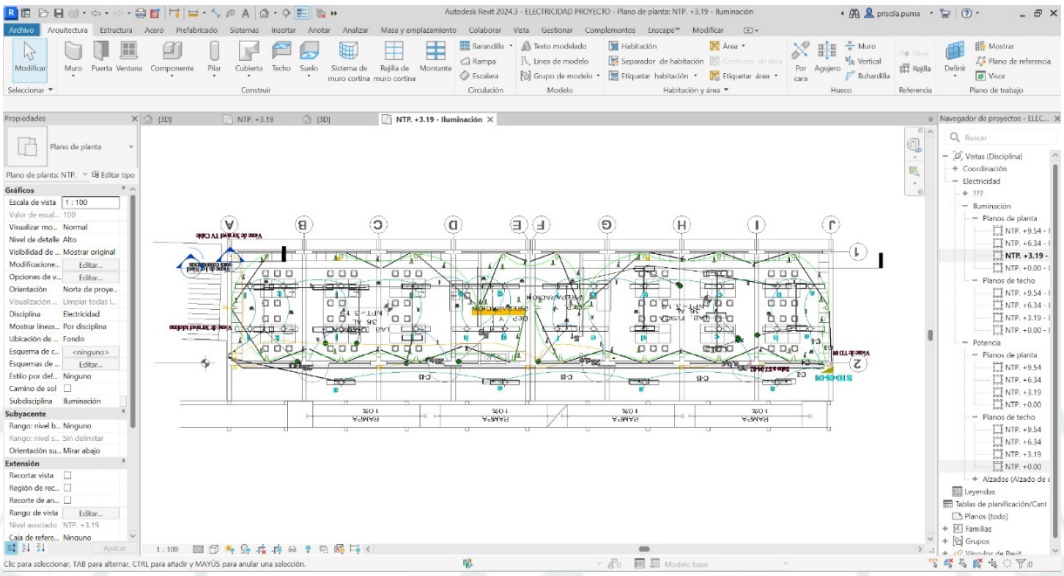
4.3.4. Modelamiento de Instalaciones eléctricas

El modelado BIM de las instalaciones eléctricas se desarrolla en Revit de Autodesk, tomando como base el diseño arquitectónico previamente definido. A partir de esta referencia, se incorporan todos los elementos que conforman el sistema eléctrico del proyecto, entre ellos las luminarias fluorescentes, los tomacorrientes, los interruptores, los tableros generales y las tuberías que alojan las conexiones.

El modelado de las instalaciones eléctricas se desarrolló utilizando el software Autodesk Revit, tomando como referencia los modelos arquitectónico y estructural previamente elaborados. Asimismo, se emplearon los planos de instalaciones eléctricas en formato 2D para realizar el levantamiento y distribución de los diferentes componentes eléctricos dentro del modelo BIM, permitiendo una adecuada ubicación y coordinación de los elementos con las demás especialidades del proyecto.

Figura 66

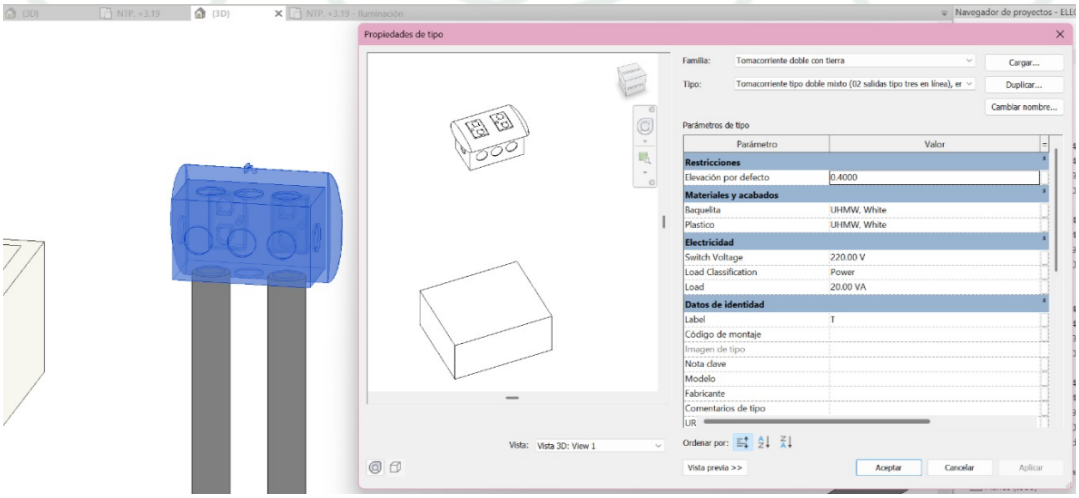
Importación de planos CAD 2D a Revit y creación de niveles



Como parte del proceso inicial, se verificaron los niveles y espacios de trabajo correspondientes a cada ambiente de la edificación, con la finalidad de garantizar una correcta organización del modelado eléctrico. Posteriormente, se procedió con la incorporación de luminarias, interruptores, tomacorrientes, tableros eléctricos y demás dispositivos eléctricos, utilizando familias paramétricas de Revit y respetando las ubicaciones, alturas y especificaciones indicadas en los planos del proyecto.

Figura 67

Incorporación de familias de instalaciones eléctricas en el modelo Revit

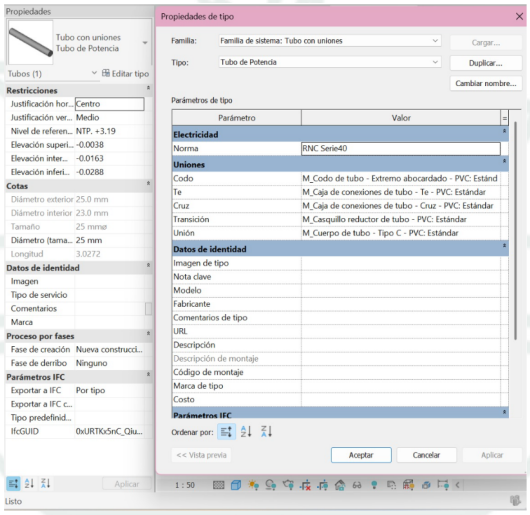


Luego de la ubicación de los dispositivos eléctricos, se realizó el modelado de las canalizaciones mediante tuberías y bandejas eléctricas, definiendo sus recorridos de acuerdo con la distribución planteada en la documentación técnica. Del mismo modo, se establecieron las conexiones necesarias entre equipos y tableros eléctricos, permitiendo representar de manera integral el sistema eléctrico de la edificación.

Todas las conexiones de tuberías se hicieron cumpliendo con el diámetro especificado en los planos de diseño, y así mismo se cambió el diámetro de cada aparato eléctrico para que coincida con el diámetro de las tuberías.

Figura 68

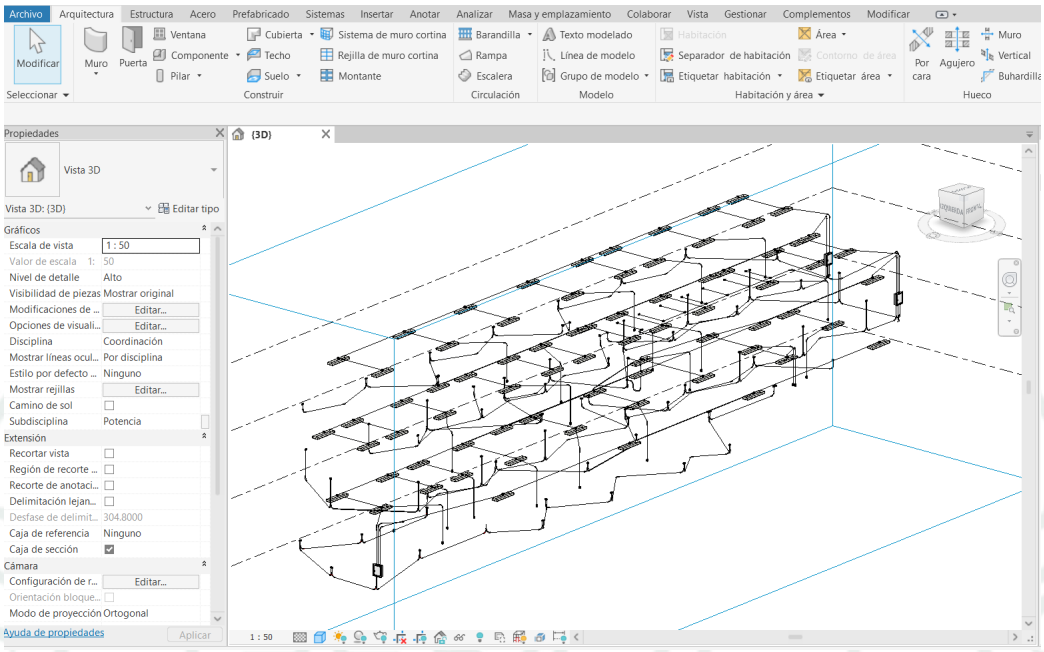
Configuración de propiedades de tipo para tuberías eléctricas PVC en Revit



Este proceso permite representar de manera precisa la ubicación y distribución de cada componente eléctrico dentro de los ambientes proyectados, garantizando que cumplan con los criterios establecidos por el especialista y que no se generen interferencias con la arquitectura ni con otras disciplinas.

Figura 69

Vista en planta de modelado de instalaciones eléctricas Software 3D Revit



Nota. Elaboración propia.

4.4. Gestión de incongruencias e interferencias en el Modelo BIM

La gestión de incongruencias e interferencias en el modelo Building Information Modeling (BIM) constituye un proceso crítico dentro del desarrollo de proyectos colaborativos, ya que permite identificar, analizar y resolver conflictos entre disciplinas antes de la fase de construcción. Estas interferencias surgen cuando elementos de distintas especialidades presentan superposiciones, discrepancias geométricas o incompatibilidades funcionales dentro del modelo.

Su adecuada gestión no solo reduce retrabajos y sobrecostos en obra, sino que también mejora la coordinación interdisciplinaria y la confiabilidad de la información del proyecto, asegurando una toma de decisiones más precisa y eficiente durante todo el ciclo de vida de la infraestructura.

4.4.1. Incongruencias e interferencias entre estructuras e instalaciones sanitarias

Durante el proceso de compatibilización BIM se identificó una incongruencia entre el modelo de estructuras y el modelo de instalaciones sanitarias, debido a que la tubería vertical de ventilación requería una estructura para alojar la instalación.

El modelo estructural, elaborado en base a los planos estructurales del proyecto, no contemplaba una columna o elemento estructural para alojar dicha tubería; sin embargo, los planos de instalaciones sanitarias indicaban la existencia de esta estructura para el paso de la instalación.

Figura 70

Detalle de interferencia entre elemento estructuras y sanitario

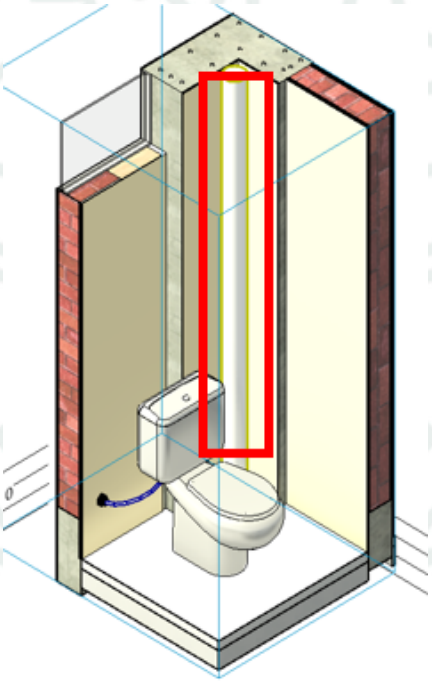


Figura 71

Detalle de plano de instalaciones sanitarias

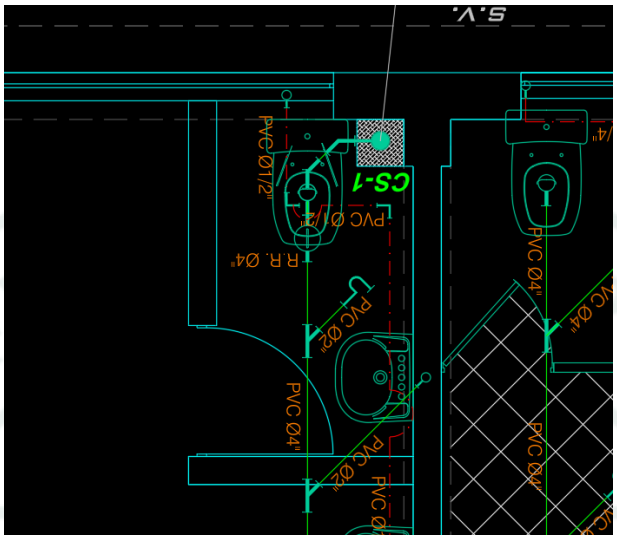
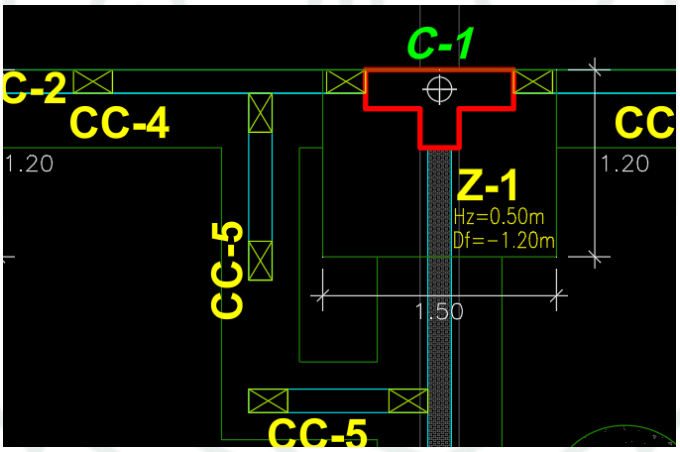


Figura 72

Detalle de plano de plano de estructuras



La detección temprana de este tipo de incongruencias mediante BIM permite realizar la compatibilización correspondiente antes de la etapa constructiva, evitando posibles retrabajos, modificaciones en obra y sobrecostos asociados.

4.4.2. Incongruencias e interferencias internas en la disciplina de estructuras.

4.4.2.1. Incongruencia de información entre detalles estructurales de cimentación.

Durante el proceso de modelado estructural BIM, se identificó una incongruencia entre los detalles de los planos de estructuras. El detalle correspondiente a la zapata típica no

contemplaba la presencia de solado para la viga de cimentación; sin embargo, el detalle de la viga de cimentación VC-1 sí considera la ejecución de un solado, generando una inconsistencia en la información gráfica del proyecto.

Figura 73

Incongruencia de información entre detalles estructurales de cimentación

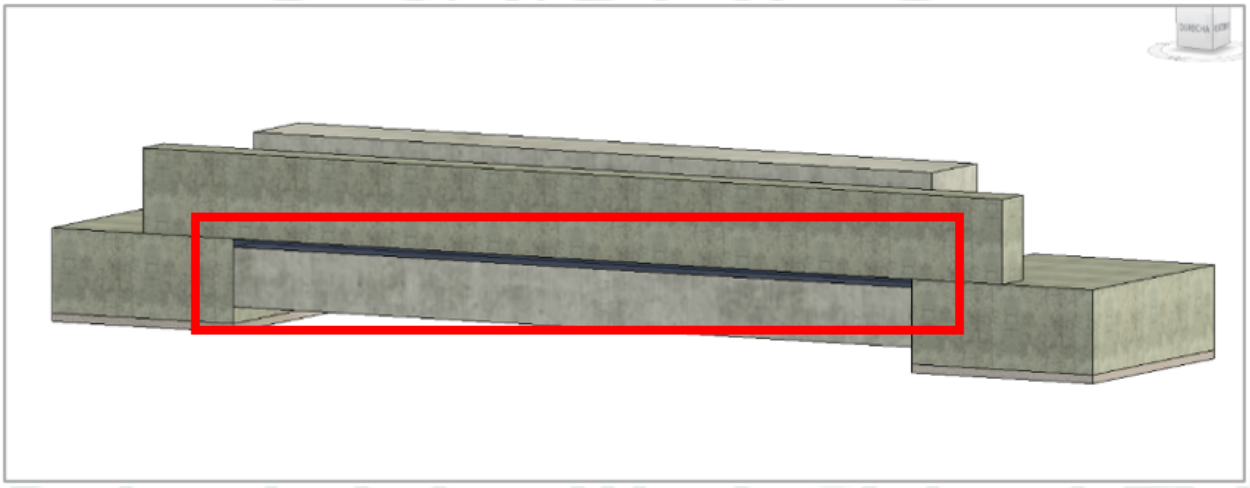


Figura 74

Detalle de Zapata típica

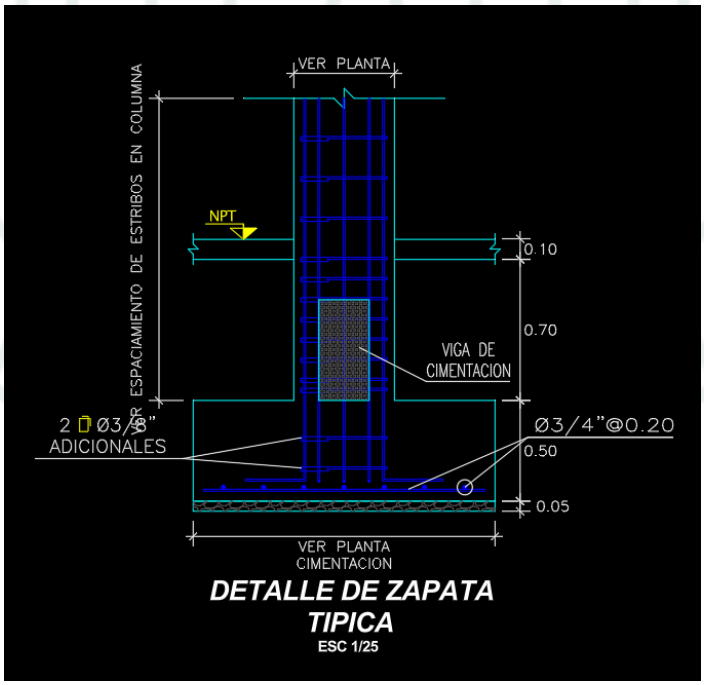
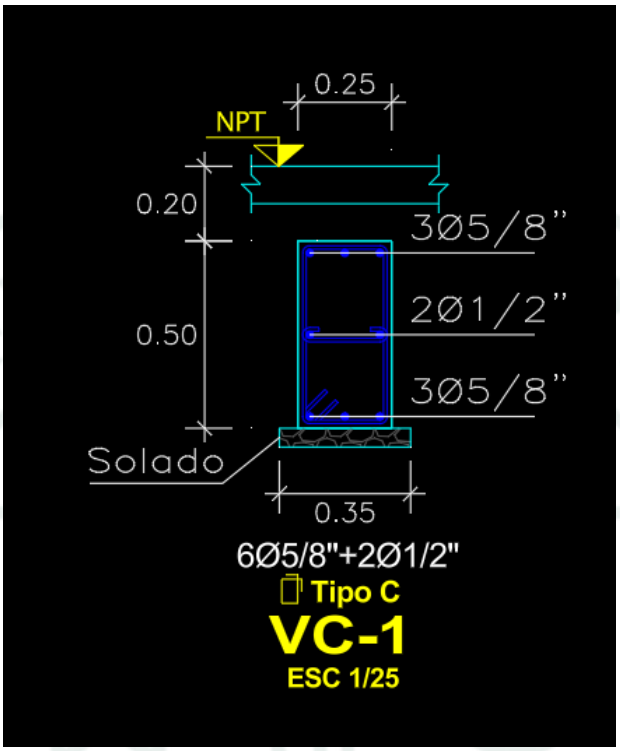


Figura 75

Detalle vigas de cimentación VC-1



Esta incongruencia, de no ser detectada oportunamente, puede generar errores durante la ejecución de obra, afectando los criterios constructivos y la correcta interpretación de los detalles estructurales. Asimismo, puede ocasionar reprocesos, consultas técnicas y retrasos debido a la necesidad de realizar correcciones en la documentación del proyecto.

4.4.2.2. Incongruencia de niveles entre NPT y viga de cimentación.

Durante el proceso de modelado estructural BIM, se identificó una incongruencia en los niveles de referencia entre el NPT y la viga de cimentación, debido a que el detalle de zapata típica considera una separación de 30 cm y el detalle de la viga de cimentación VC-1 considera una separación de 20 cm.

Figura 76

Incongruencia de niveles NPT y viga de cimentación

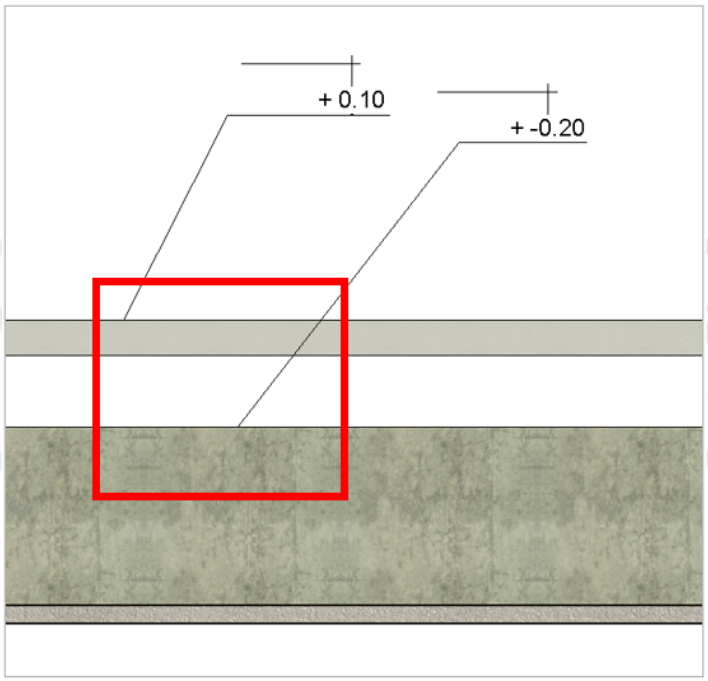


Figura 77

Detalle de Zapata típica

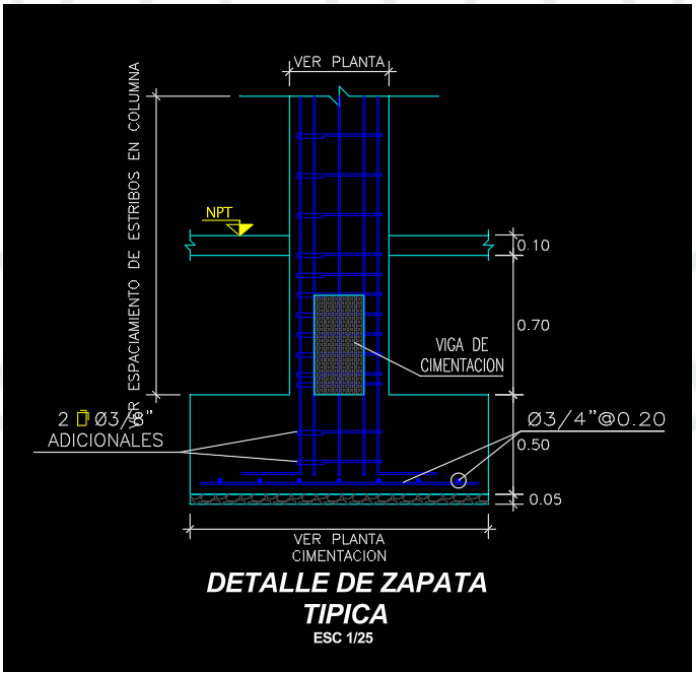
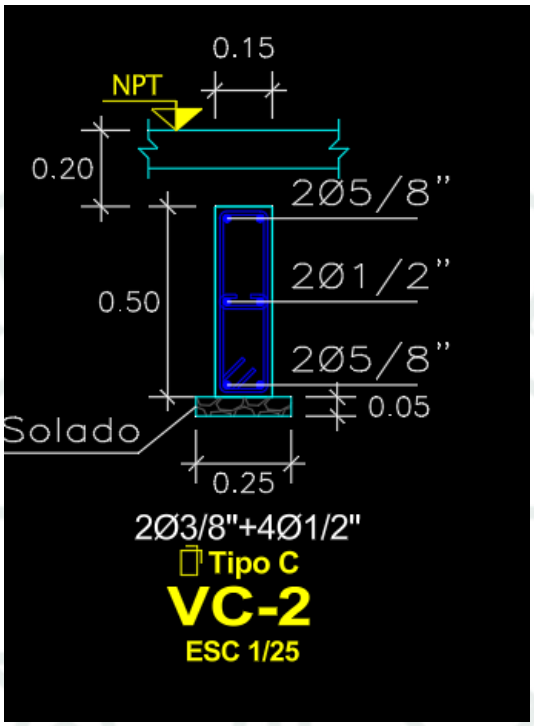


Figura 78

Detalle de viga de cimentación VC-1



Esta diferencia de criterio podría afectar tanto los metrados, debido a variaciones en los volúmenes de relleno, como los tiempos de ejecución, en caso la incongruencia no sea detectada oportunamente durante la etapa de compatibilización y modelado BIM.

4.4.3. Incongruencias e interferencias entre estructuras y arquitectura

4.4.3.1. Incongruencia de niveles NPT entre Arquitectura y Estructuras.

Durante el proceso de compatibilización BIM, se detectó una incongruencia entre los niveles de NPT indicados en los planos de las especialidades de Arquitectura y Estructuras. Los planos estructurales establecían el NPT en +0.00 m, mientras que los planos arquitectónicos lo definían en +0.10 m, generando una interferencia en la coordinación de niveles y una duplicidad de losas dentro del modelo.

Figura 79

Interferencia de NPT entre Arquitectura y Estructuras

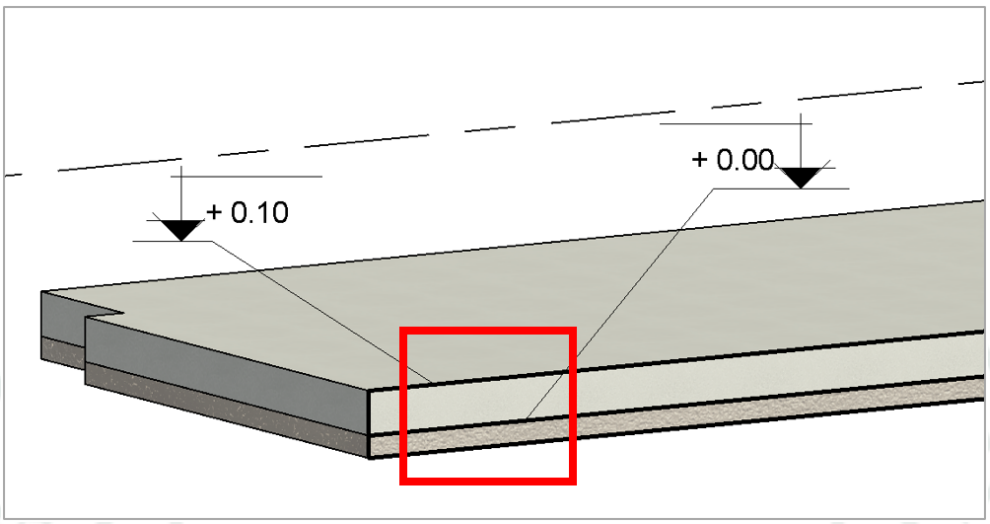


Figura 80

Plano en planta de Arquitectura

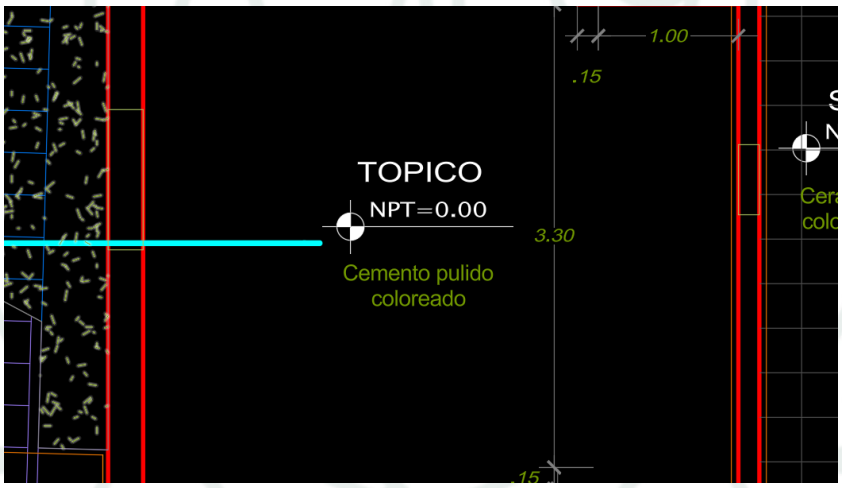
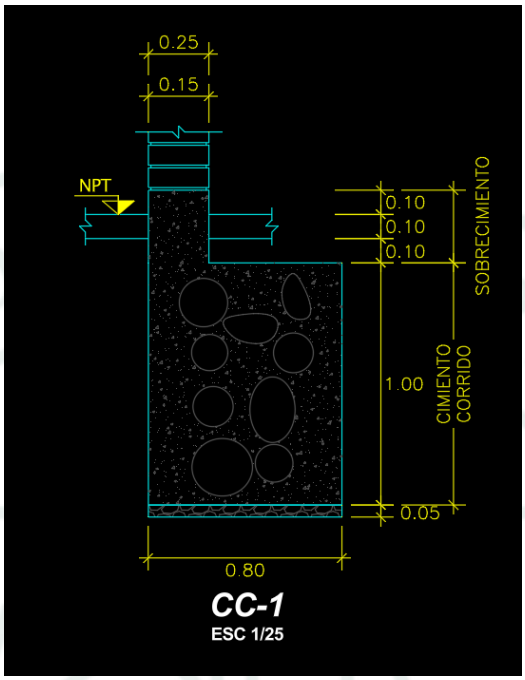


Figura 81

Detalle de cimiento corrido de plano de estructuras CC-1



Esta incongruencia podría generar errores en la definición de niveles y elementos estructurales, afectando la compatibilización del modelo BIM, los metrados y la correcta ejecución de obra. Asimismo, podría ocasionar reprocesos, interferencias constructivas y retrasos debido a correcciones y consultas técnicas entre especialidades.

4.4.3.2. Incongruencia de Dimensiones de Ventana V1 y Columna C-2.

Durante el proceso de compatibilización BIM, se identificó una discrepancia en las dimensiones de la ventana V1" entre los planos de arquitectura. En el plano de detalles de ventanas se especificaba un ancho de 3.45 m; sin embargo, en el plano en planta de arquitectura se indicaba un ancho de 2.45 m. Esta diferencia generaba una incongruencia entre ambos planos de la misma especialidad.

Figura 82

Incongruencia de dimensiones de ventana V1" y columna C-2

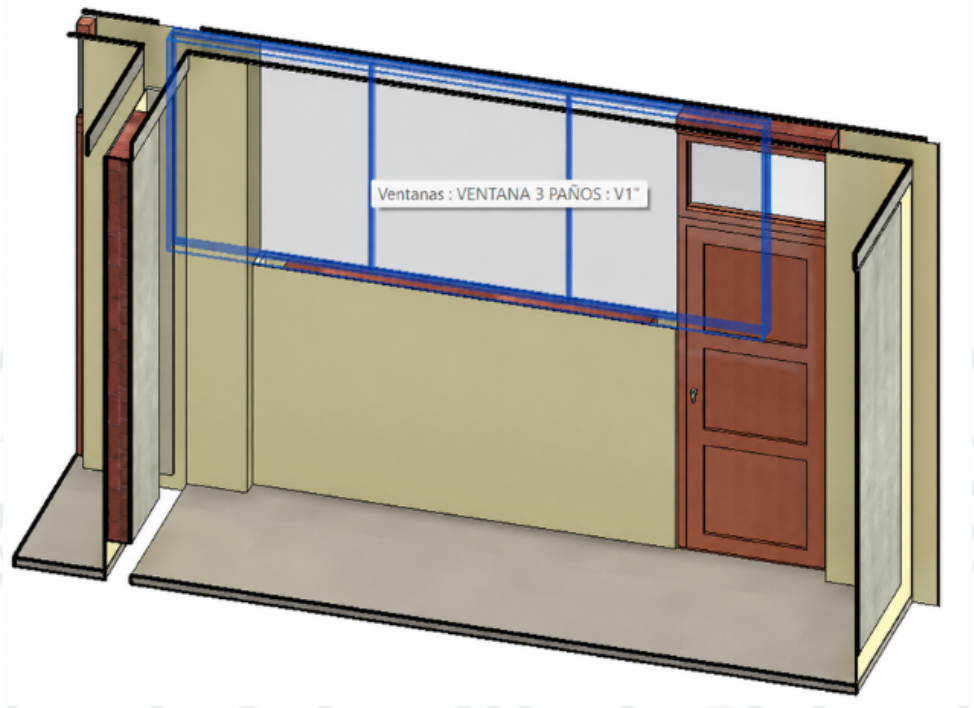


Figura 83

Detalle en plano de arquitectura sobre venta V1"

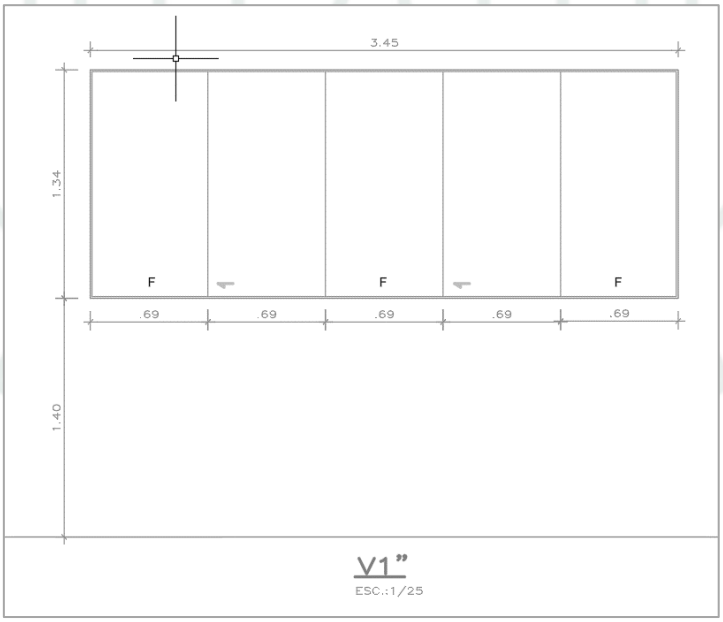
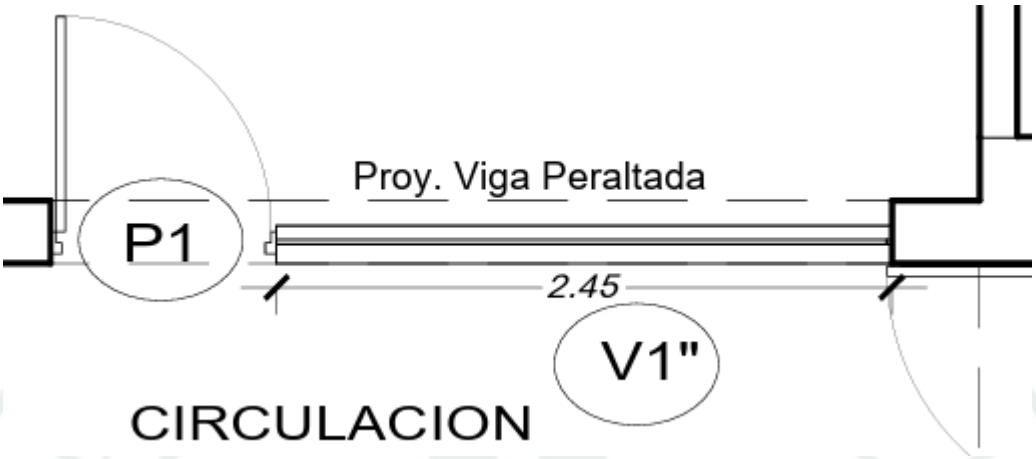


Figura 84

Imagen en planta detalle ventana V1"



La detección temprana de esta incongruencia permite evitar errores en la fabricación e instalación de la ventana, interferencias con elementos estructurales y reprocesos en obra. Asimismo, contribuye a mantener la coherencia entre planos, metrados y modelos BIM.

4.4.3.3. Incongruencia entre ventana VM3 y columna C-1.

Durante el proceso de compatibilización BIM, se identificó una discrepancia entre el cuadro de vanos, el plano de arquitectura y el modelo estructural. El cuadro de vanos especificaba que la ventana VM3 tenía un ancho de 2.50 m; sin embargo, tanto el plano de arquitectura como el modelo de estructuras definían un ancho de 2.35 m, generando una incongruencia en la información técnica del proyecto.

Figura 85

Incongruencia entre ventana VM3 y columna C-1

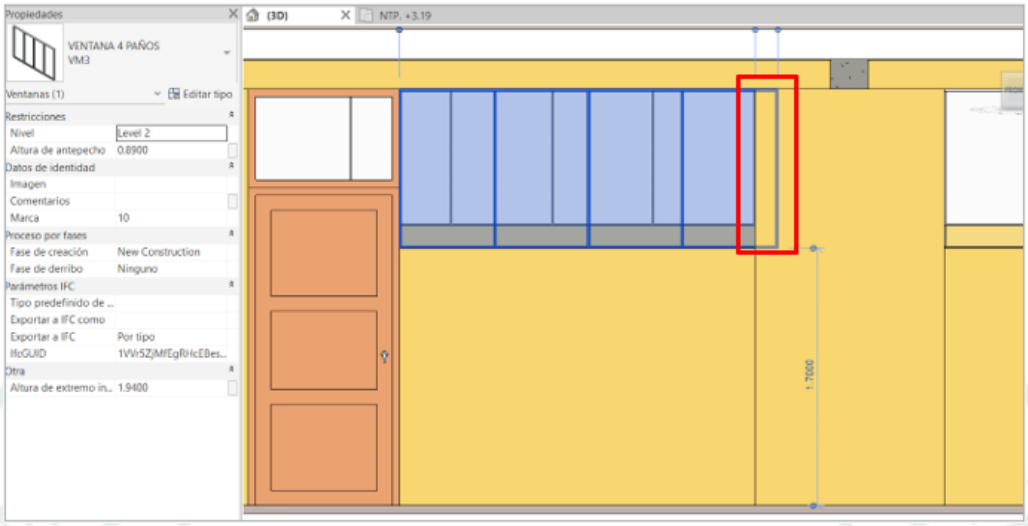


Figura 86

Detalle de vanos ventanas

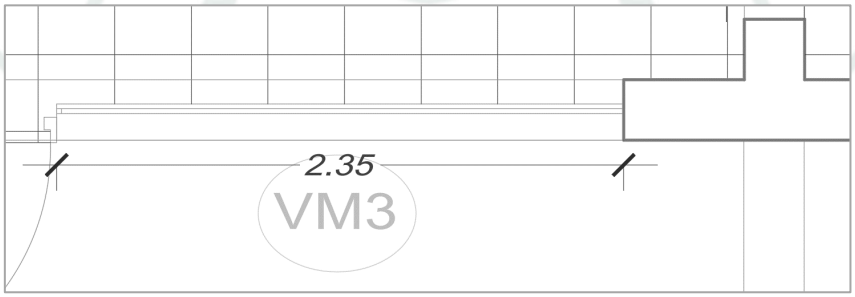
CUADRO DE VANOS

TIPO	CODIGO	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)			DESCRIPCIÓN
			ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	
	VM3	3	2.50	1.05	1.70	

Nota. Obtenido de detalles de planos Simón Bolívar.

Figura 87

Vista en planta de ventana VM3



Nota. Obtenido de detalles de planos Simón Bolívar.

La detección temprana de esta incongruencia permite evitar errores en la fabricación e instalación de la ventana, interferencias con elementos estructurales y reprocesos en obra. Asimismo, contribuye a mantener la coherencia entre planos, metrados y modelos BIM.

4.4.4. Incongruencias e interferencias internas en la disciplina de arquitectura.

4.4.4.1. Incongruencia dimensional entre ventana V7 y vano de V7.

Durante el proceso de modelado arquitectónico BIM, se identificó una incongruencia en la ventana V-7, debido a que las dimensiones indicadas en los planos de arquitectura eran mayores en comparación con las establecidas en el cuadro de vanos arquitectónicos. Como se aprecia en la imagen presentada a continuación, la ventana modelada resultaba considerablemente más pequeña que el vano requerido, generando una incompatibilidad entre los elementos arquitectónicos

Figura 88

Incongruencia dimensional entre ventana V7 y vano de V7

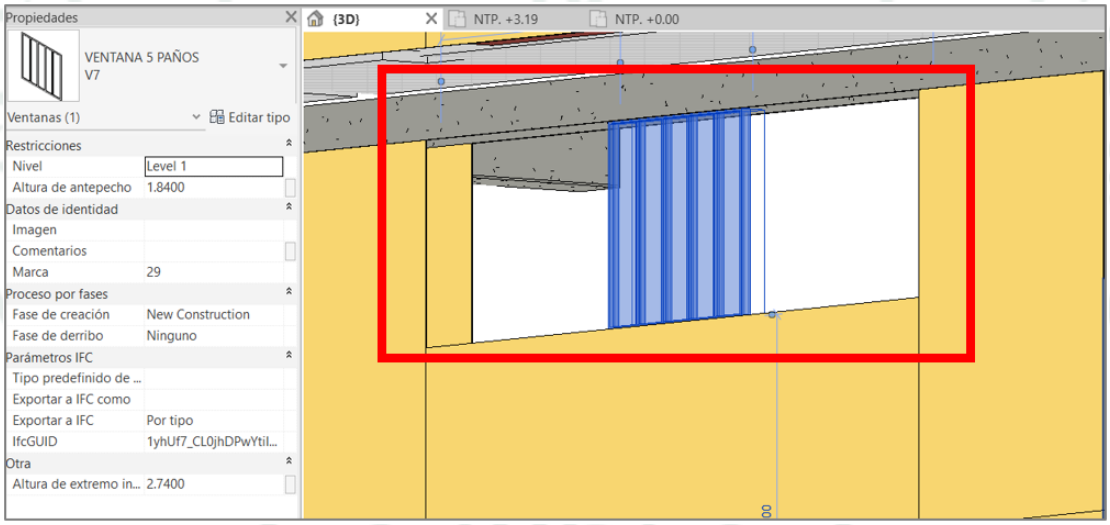


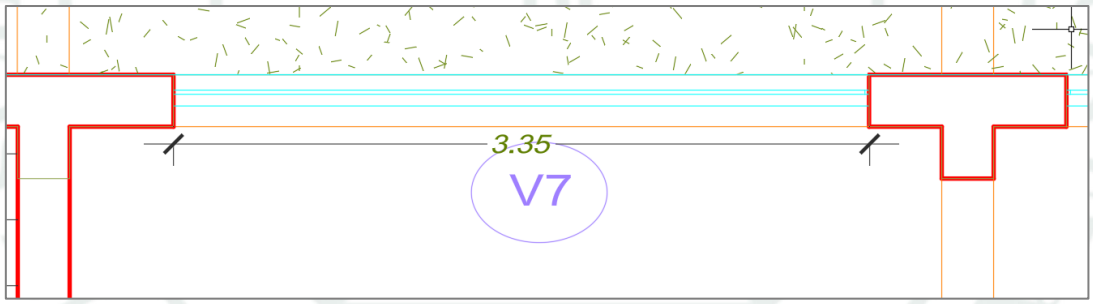
Figura 89

Tabla de vanos ventanas

TIPO	CODIGO	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)			DESCRIPCIÓN
			ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	
VENTANA	VM1	4	2.50	1.34	1.40	Ventana Sistema Moduglass corrediza Vidrio e=6mm incoloro
	VM2	1	1.55	1.34	1.40	
	V1	1	3.35	1.34	1.40	
	V1"	1	2.45	1.34	1.40	
	V2	4	3.50	0.90	1.84	
	V3	1	0.30	1.65	1.84	
	V4	1	0.30	1.65	2.44	
	V5	1	0.30	1.55	1.84	
	V6	1	0.30	1.55	2.44	
	V7	1	0.90	0.90	1.84	

Figura 90

Detalle en planta ventana V7



Nota. Obtenido de detalles de planos Simón Bolívar.

La detección temprana de esta incongruencia permite evitar errores en la fabricación e instalación de la ventana, interferencias con elementos estructurales y reprocesos en obra. Asimismo, contribuye a mantener la coherencia entre planos, metrados y modelos BIM.

4.4.5. Incongruencias e interferencias entre arquitectura y sanitarias

4.4.5.1. Interferencia entre tubería de ventilación y mobiliario arquitectónico.

Durante el proceso de compatibilización BIM, se identificó una interferencia entre el modelo arquitectónico y el modelo de instalaciones sanitarias, debido a que una tubería de

ventilación atravesaba el mobiliario de laboratorio considerado en el diseño arquitectónico. Esta incompatibilidad genera un conflicto espacial entre ambas especialidades, afectando la adecuada distribución y funcionalidad del ambiente.

Figura 91

Interferencia entre tubería de ventilación y mobiliario arquitectónico

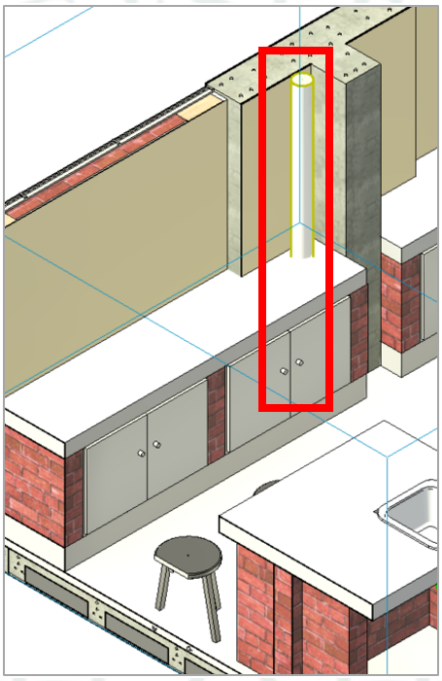


Figura 92

Plano de planta de arquitectura

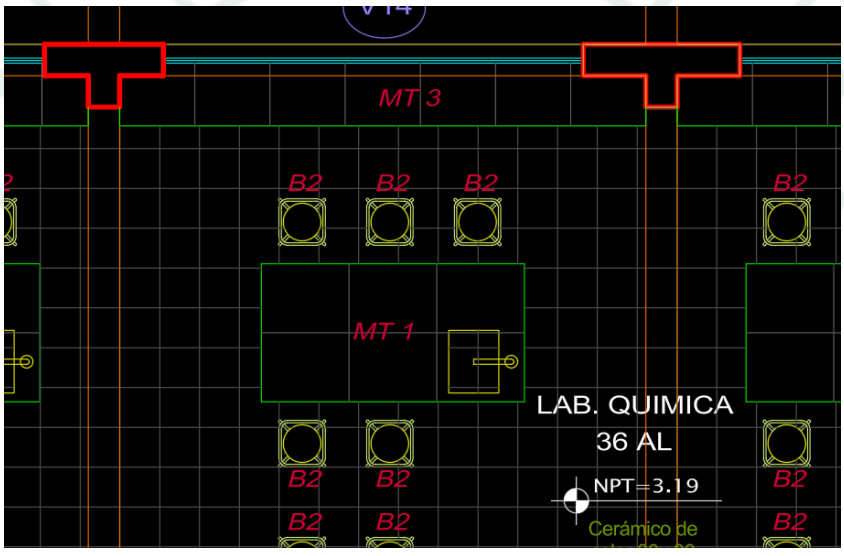
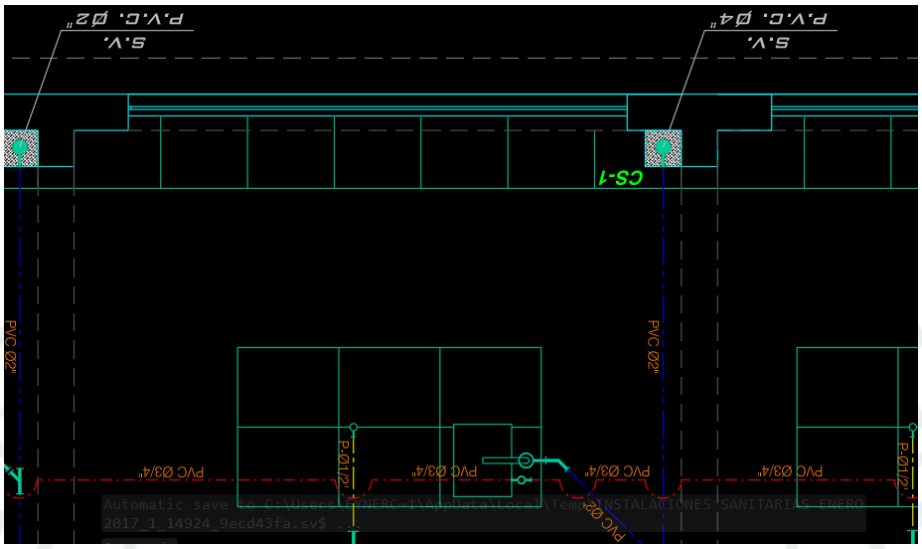


Figura 93

Plano de planta de instalaciones sanitarias



Con la detección anticipada de este tipo de interferencias se evitarían posibles modificaciones en obra, retrabajos en las instalaciones sanitarias y afectaciones al mobiliario de laboratorio, contribuyendo además a una mejor coordinación entre especialidades y a una ejecución más eficiente del proyecto.

4.4.5.2. Interferencia entre tubería de agua y desagüe y mesones.

Durante el proceso de compatibilización BIM, se identificó una interferencia entre el modelo arquitectónico y el modelo de instalaciones sanitarias, debido a que las tuberías de agua y desagüe interferían con el muro de ladrillo correspondiente al mesón de laboratorio. Esta incompatibilidad generaba un conflicto entre las instalaciones y los elementos arquitectónicos del ambiente, afectando la adecuada distribución de los componentes del proyecto.

Figura 94

Detalle de tuberías de agua y desagüe en modelo Revit

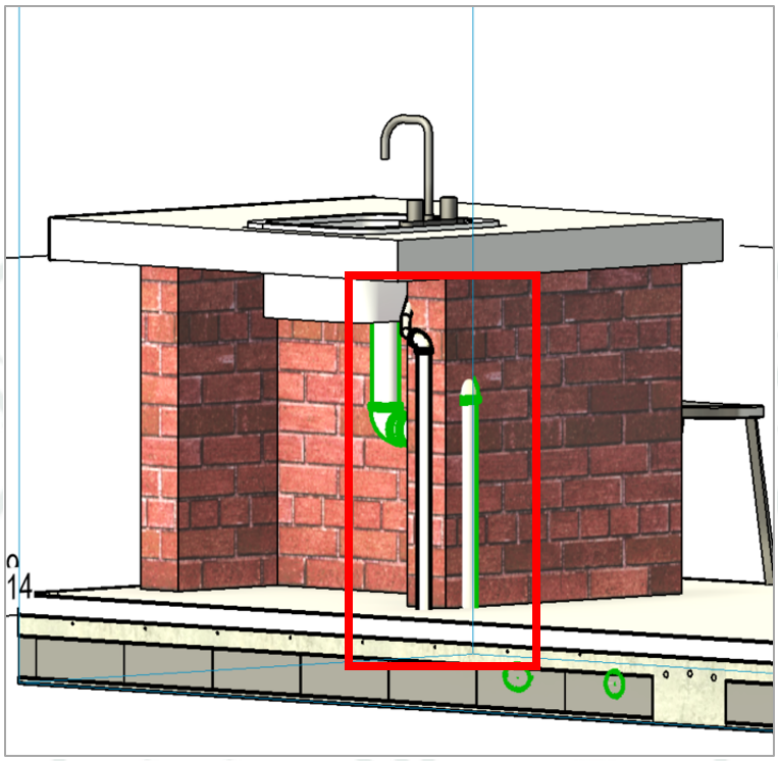


Figura 95

Plano de planta de instalaciones sanitarias

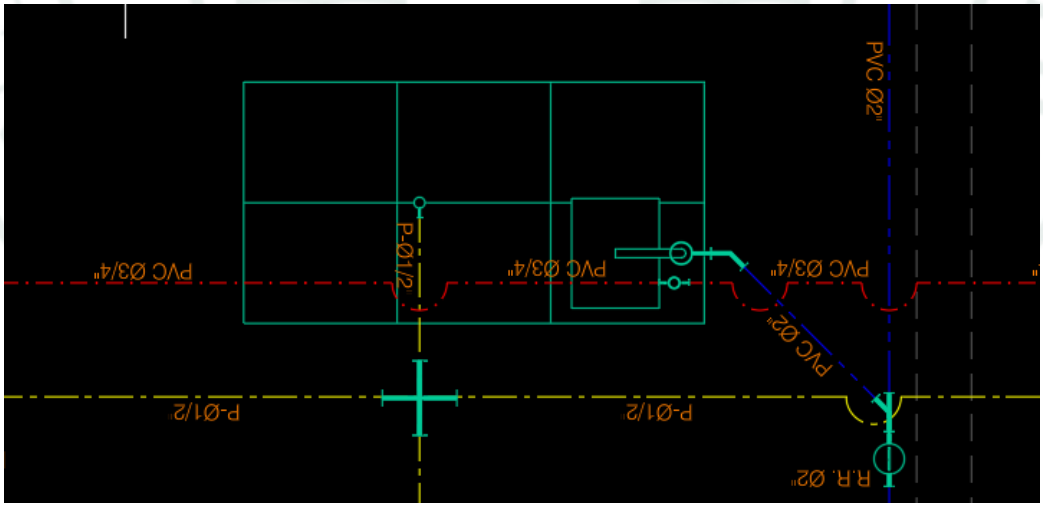
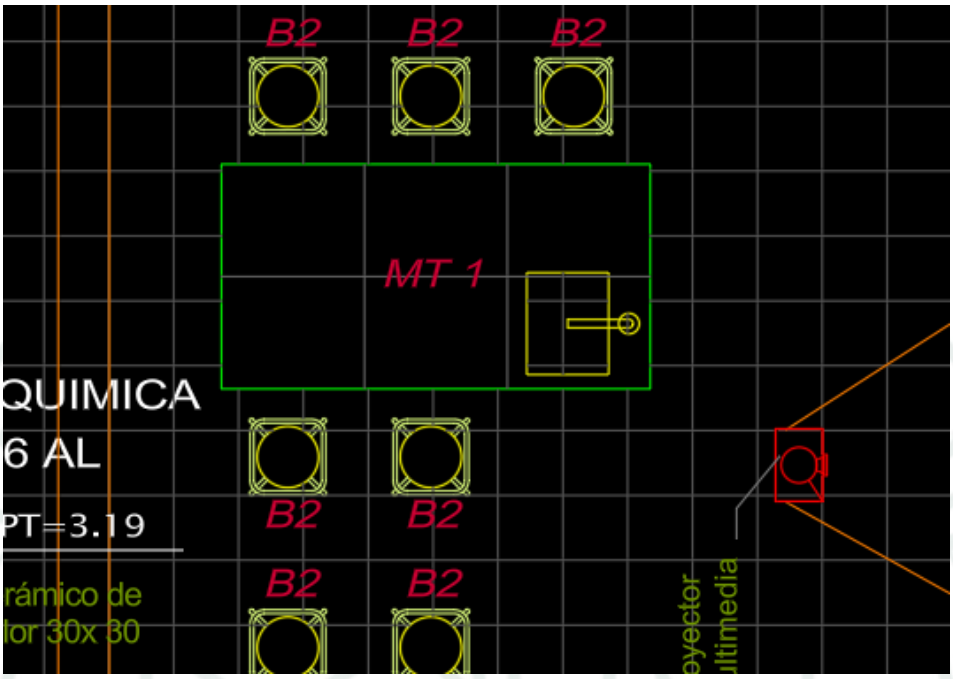


Figura 96

Plano de planta de arquitectura



Con la detección anticipada de esta interferencia se evitarían posibles retrabajos en las instalaciones sanitarias y en los elementos arquitectónicos, así como modificaciones durante la ejecución de obra. Asimismo, se reducirían problemas de compatibilidad entre especialidades, optimizando la distribución de las tuberías y garantizando la correcta ubicación del mesón de laboratorio dentro del proyecto.

4.4.5.3. Incongruencia por ausencia de conexiones sanitarias para mobiliario arquitectónico.

Durante el proceso de compatibilización BIM, se identificó una incongruencia entre los planos arquitectónicos y los planos de instalaciones sanitarias, debido a que en arquitectura se proponía la incorporación de un lavatorio de manos en el ambiente de depósito y preparación química; sin embargo, este elemento no figuraba en los planos de instalaciones sanitarias, así como tampoco las tuberías correspondientes de abastecimiento de agua y desagüe.

Figura 97

Incongruencia por ausencia de conexiones sanitarias para mobiliario arquitectónico

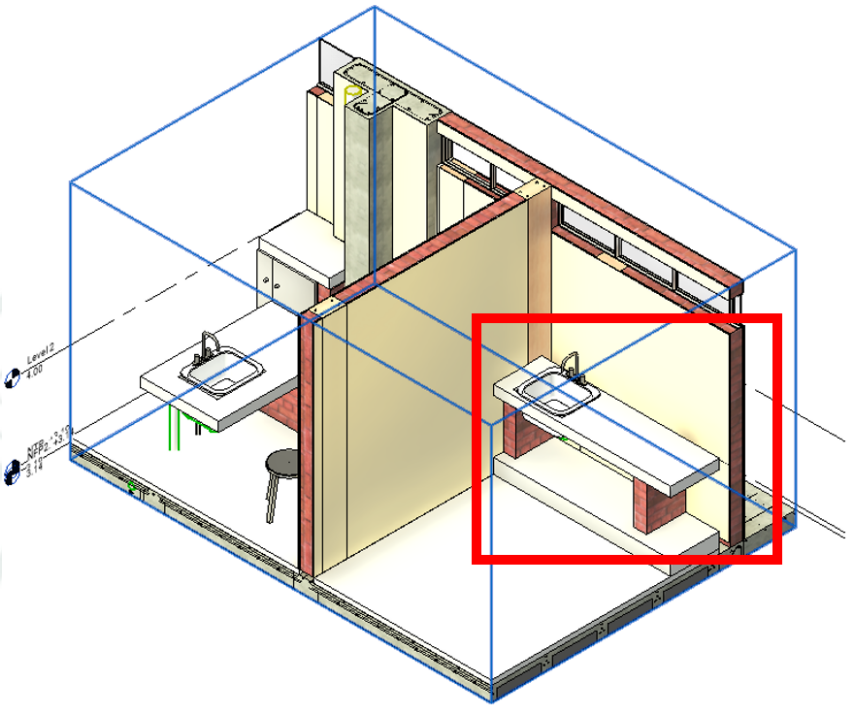


Figura 98

Detalle de plano de instalaciones sanitarias I.E Gran Libertador Simón Bolívar

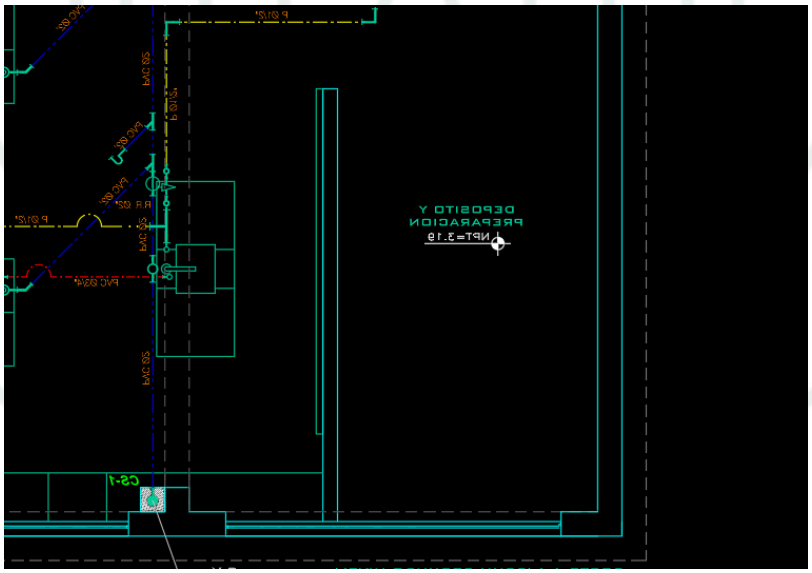
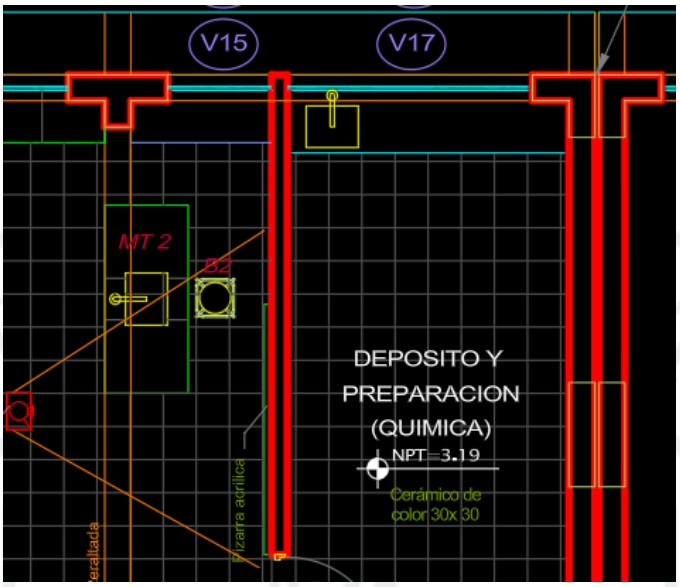


Figura 99

Detalle de plano de arquitectura I.E Gran Libertador Simón Bolívar



La detección de esta incongruencia en etapa de compatibilización BIM permite evitar la ejecución de un lavatorio sin soporte de redes sanitarias, así como modificaciones improvisadas en obra para su habilitación. Asimismo, se previenen interferencias constructivas, sobrecostos, reprocesos y retrasos, garantizando la coherencia entre especialidades y el correcto funcionamiento del ambiente según su uso previsto.

4.4.6. Incongruencias e interferencias internas en la disciplina eléctrica.

4.4.6.1. Incongruencia en la ubicación e instalación de tablero eléctrico.

Se identifica una incongruencia en la ubicación del tablero eléctrico empotrado, al proponerse su instalación dentro de una columna estructural. Esta condición genera interferencia directa con el elemento resistente, comprometiendo su integridad estructural y evidenciando falta de coordinación entre las especialidades de arquitectura, estructuras e instalaciones eléctricas dentro del modelo BIM.

Figura 100

Tablero de distribución ubicado en columna estructural

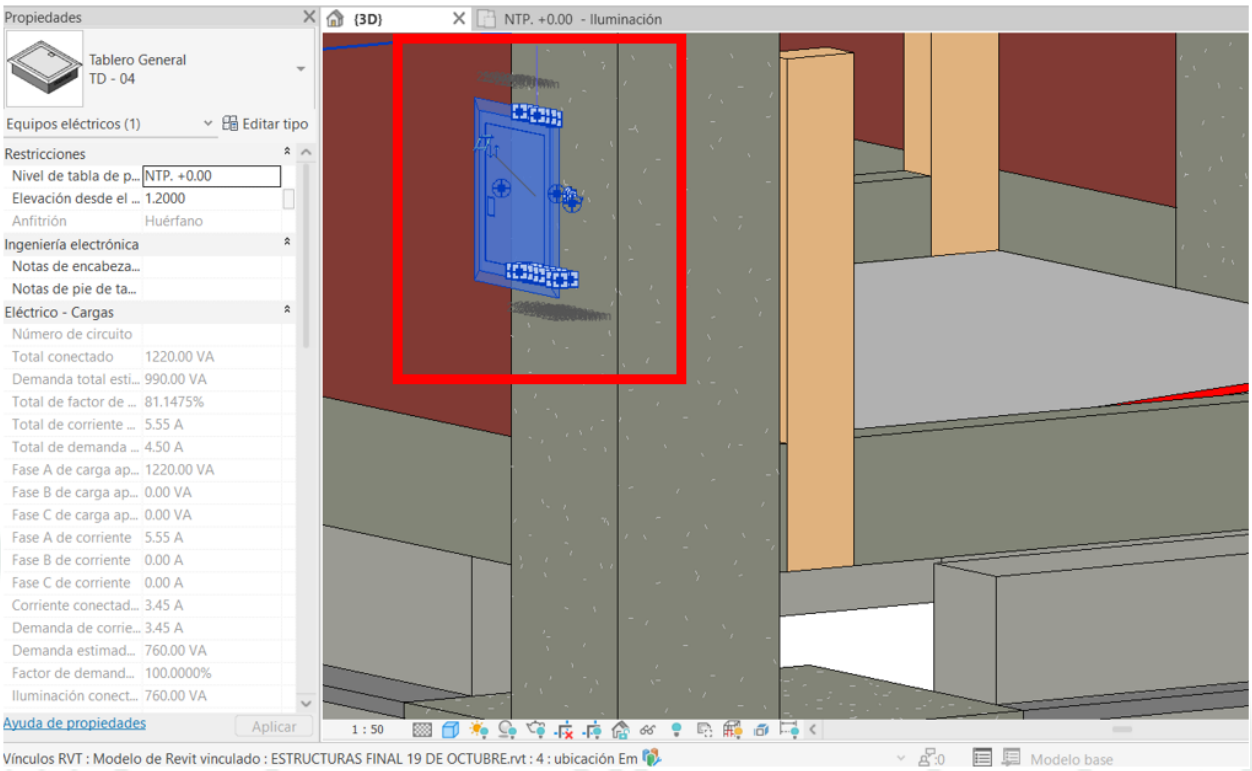
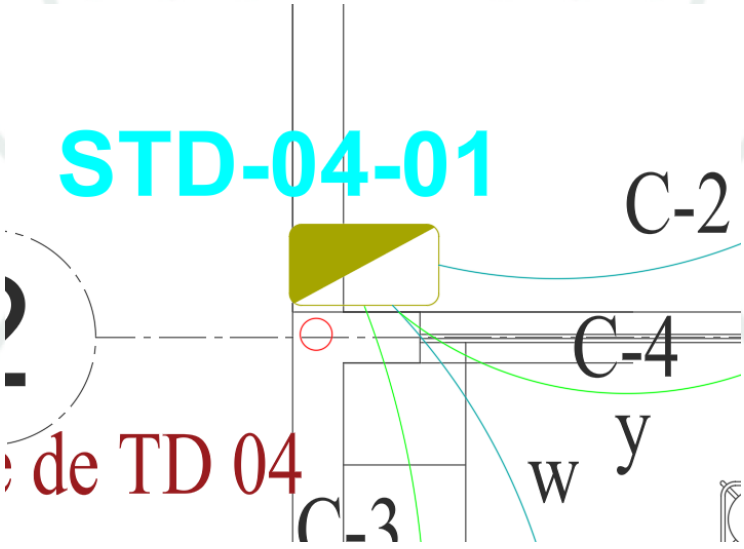


Figura 101

Detalle de STD-04-01, plano de instalaciones eléctricas



La detección de esta incongruencia permite evitar la afectación de la integridad estructural de la columna, así como intervenciones no permitidas en elementos portantes.

Asimismo, se previenen interferencias constructivas, reprocesos en obra, rediseños de último momento y riesgos de falla estructural.

Como se pudo observar la gestión de interferencias e incongruencias en el modelo BIM permitió evidenciar conflictos relevantes entre arquitectura, estructuras e instalaciones, los cuales pueden influir en la ejecución del proyecto si no se detectan a tiempo. Estas deficiencias se pueden llegar a traducir en retrabajos, sobrecostos y retrasos en el cronograma. En ese sentido, se reafirma que una coordinación temprana y una revisión integral del modelo son fundamentales para minimizar riesgos y garantizar un desarrollo más eficiente y controlado del proyecto.

4.5. Proceso de vinculación de modelo Revit con Delphin Express

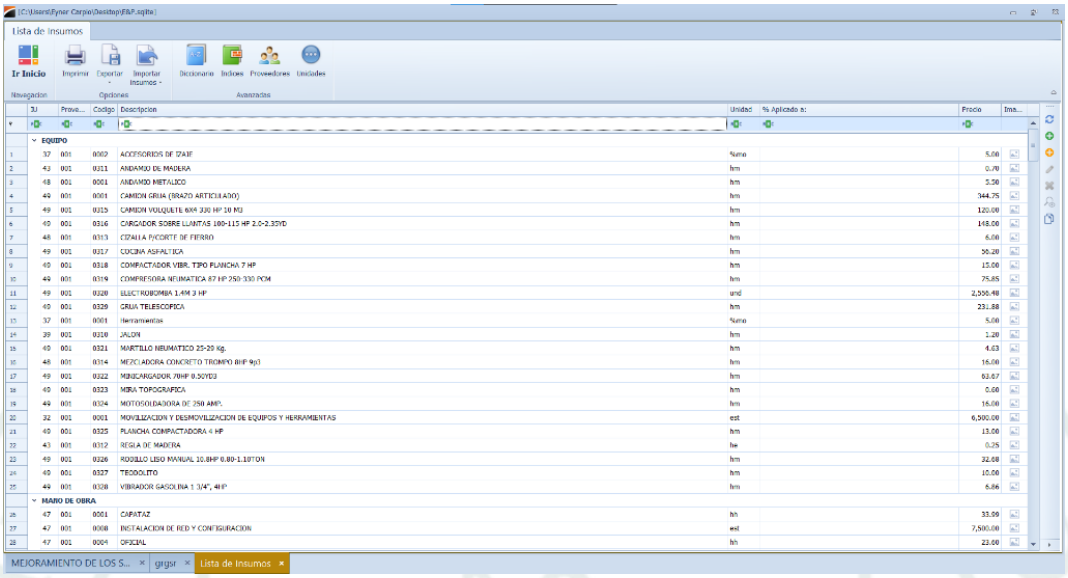
4.5.1. Preparación del programa Delphin Express

Como primer paso, es necesario preparar la base de datos del programa para poder generar presupuestos de manera correcta y eficiente. Para ello, se debe crear una lista de insumos, que puede elaborarse directamente dentro del programa o importarse desde un archivo en formato Excel.

La lista de insumos debe incluir todos los elementos requeridos para la obra, tales como mano de obra, materiales y equipos. Una vez consolidada esta información, se pueden generar los costos unitarios correspondientes, los cuales servirán como base para el presupuesto BIM.

Figura 102

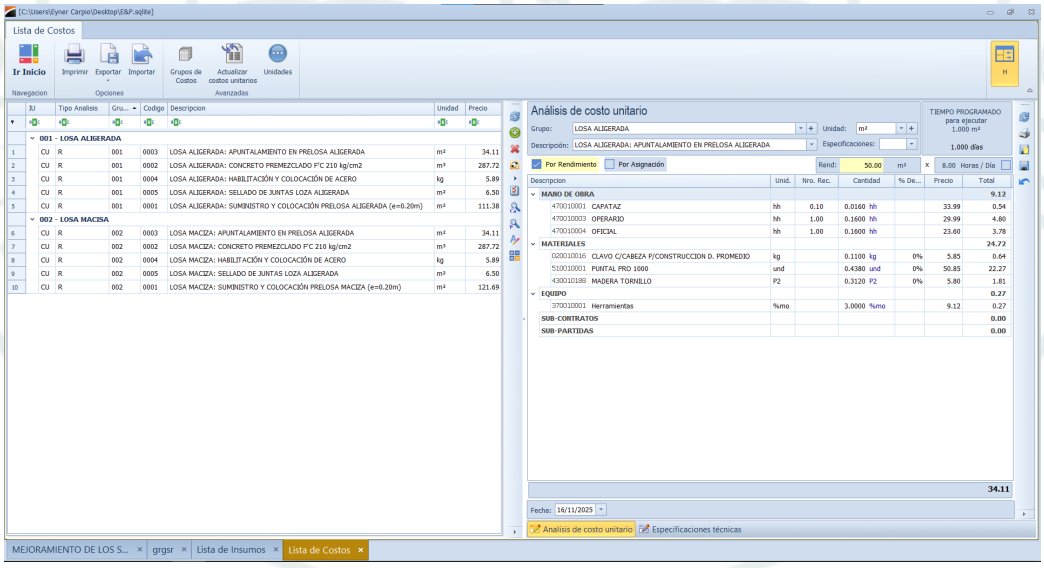
Lista de Insumos en Delphin Express



Nota. Elaboración propia.

Figura 103

Partidas de costos unitarios Delphin Express



Nota. Elaboración propia.

4.5.2. Exportación del modelo Revit al formato IFC

Para vincular el modelo desarrollado en Revit con el software Delphin Express es necesario exportar el archivo nativo (.RVT) al formato estándar de interoperabilidad IFC. Esta

conversión permite que el modelo pueda ser leído y procesado por plataformas externas, garantizando la transferencia de geometría, propiedades y datos estructurados.

Para asegurar una vinculación adecuada, es indispensable realizar una configuración previa del archivo IFC antes de la exportación. Entre los aspectos más relevantes se consideran:

- Nivel de detalle (LOD) a exportar, que influye directamente en la precisión geométrica del modelo.
- Incorporación de propiedades de los elementos, necesarias para su identificación y clasificación en el software de presupuesto.
- Exportación de cantidades base (Base Quantities), las cuales son fundamentales para la obtención de metrados automáticos a partir del modelo BIM.
- Estos parámetros son determinantes para garantizar una transferencia correcta de la información y para asegurar la confiabilidad del metrado BIM generado posteriormente.

Figura 104

Proceso de exportar el modelo de (.RVT) a (IFC)

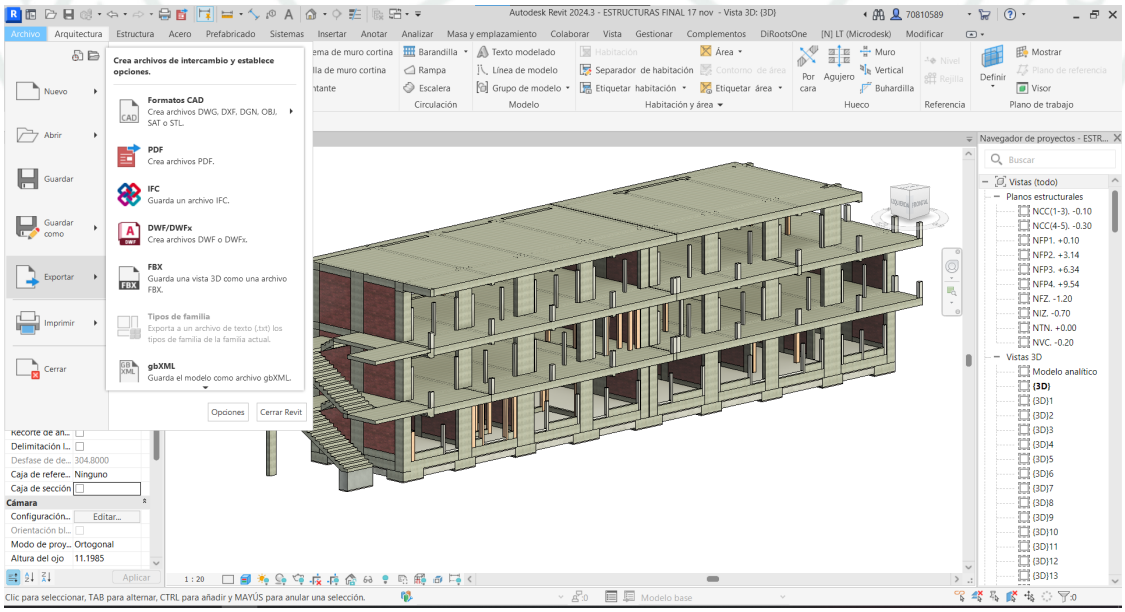


Figura 105

Configuración de exportación del archivo

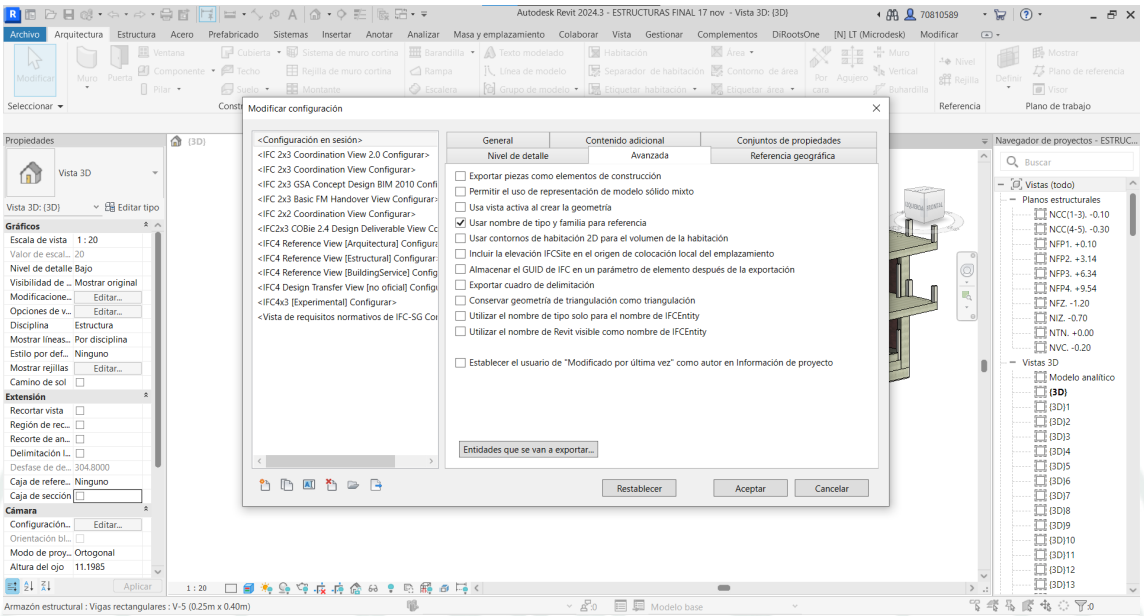


Figura 106

Configuración de nivel de detalle de exportación

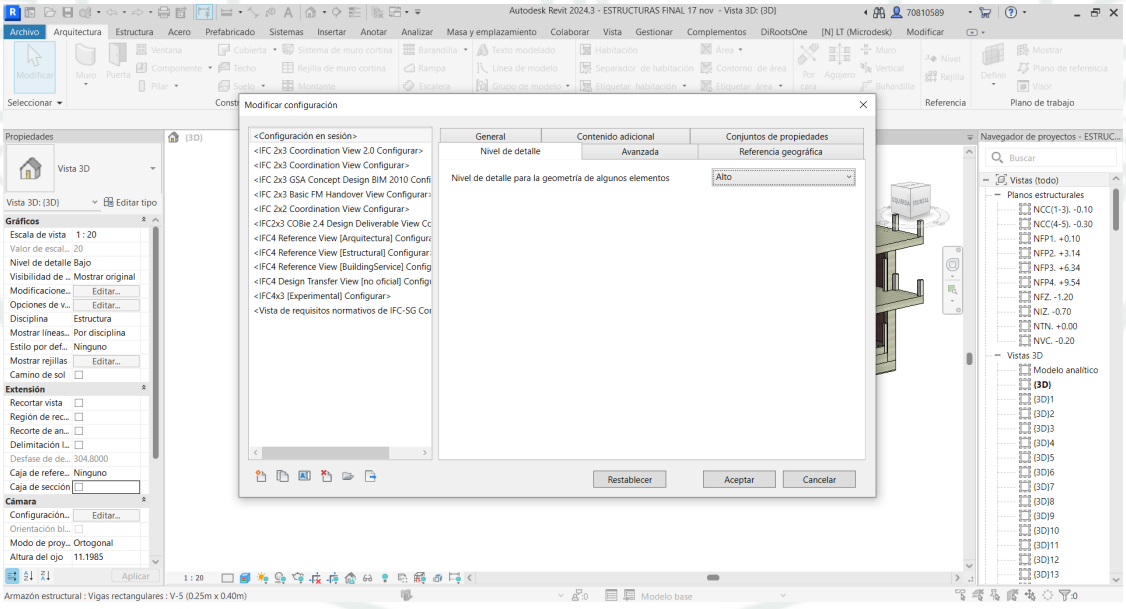
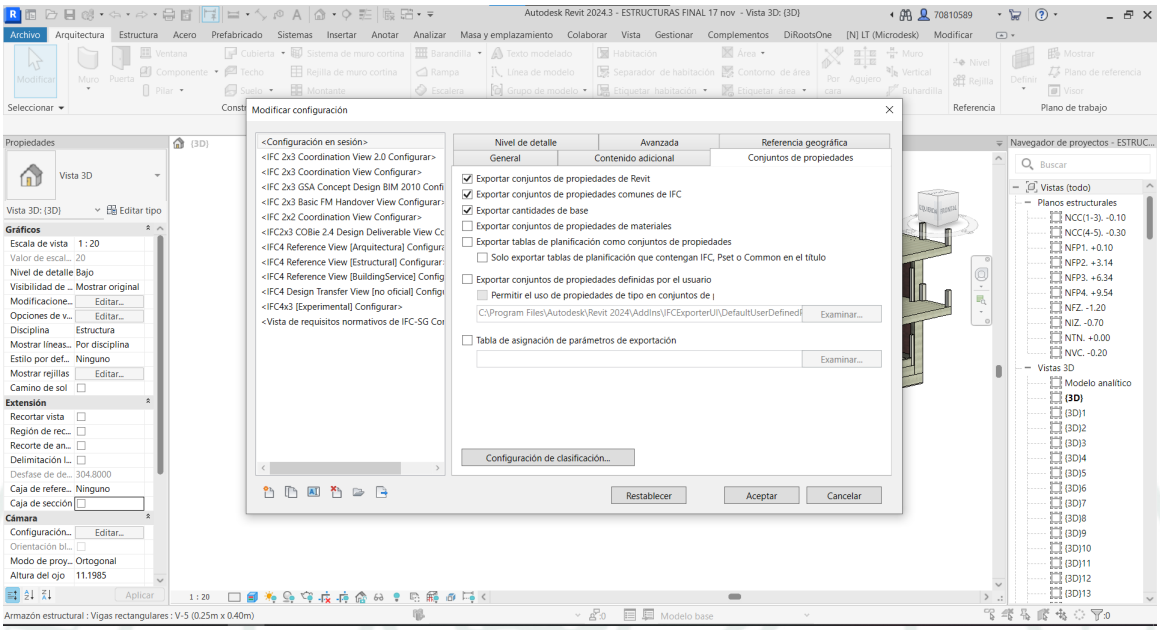


Figura 107

Configuración de exportación de cantidades



4.5.3. Importación del modelo IFC a Delphin Express

Una vez generado el archivo IFC, se procede a importarlo en Delphin Express. Para ello, se selecciona el modelo IFC correspondiente; en este caso, se utiliza el IFC de estructuras, ya que el análisis se centrará en la elaboración del presupuesto de las losas aligeradas y macizas. Esta selección garantiza que el software procese únicamente los elementos estructurales relevantes para el metrado.

Figura 108

Importación de archivo (IFC) a Delphin Express

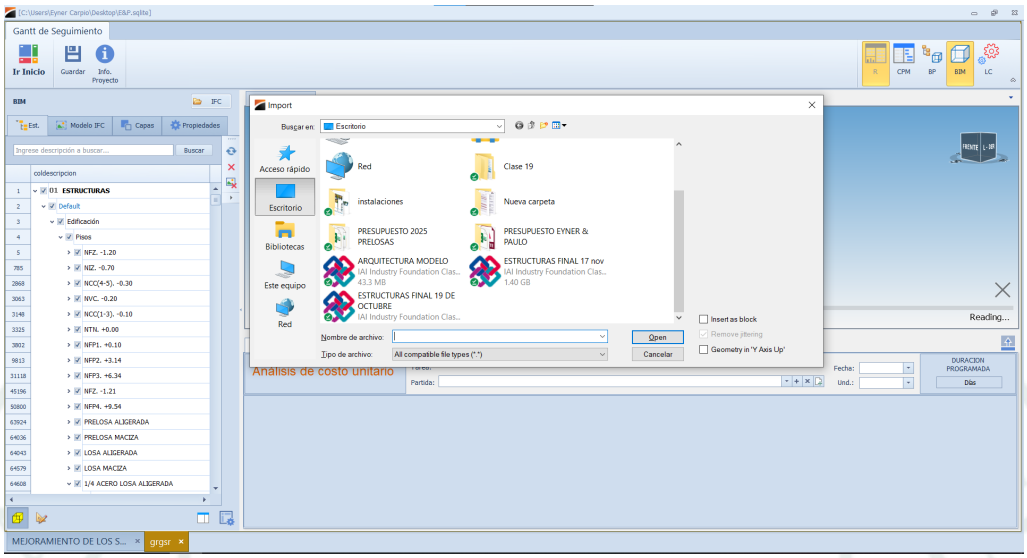
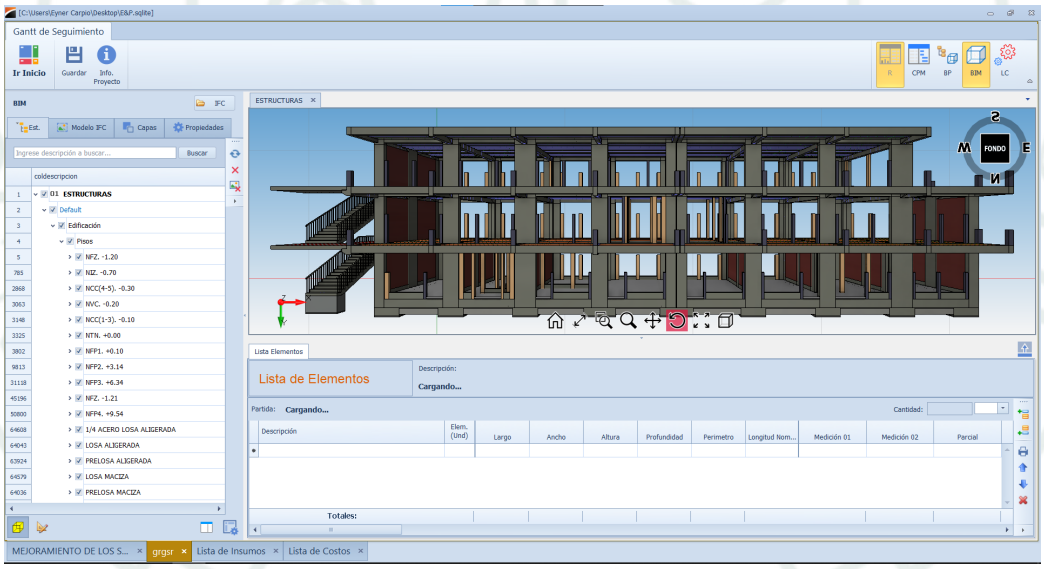


Figura 109

Importación de archivo IFC de estructuras



4.5.4. Agrupación de elementos a ser metrados

Para facilitar y optimizar el proceso de metrado, es necesario agrupar los elementos del modelo según su categoría y función constructiva. Esta clasificación permite organizar las partidas y generar cantidades de manera más eficiente.

En este caso, los elementos se agruparán en las siguientes categorías:

- Prelosas aligeradas
- Prelosas macizas
- Concreto in situ para losas aligeradas
- Concreto in situ para losas macizas
- Habilitación y colocación de acero
- Encofrado y desencofrado
- Sellado de juntas

Esta estructuración garantiza un metrado más ordenado y coherente con la lógica del presupuesto.

Figura 110

Agrupación de prelosas aligeradas en Delphin Express

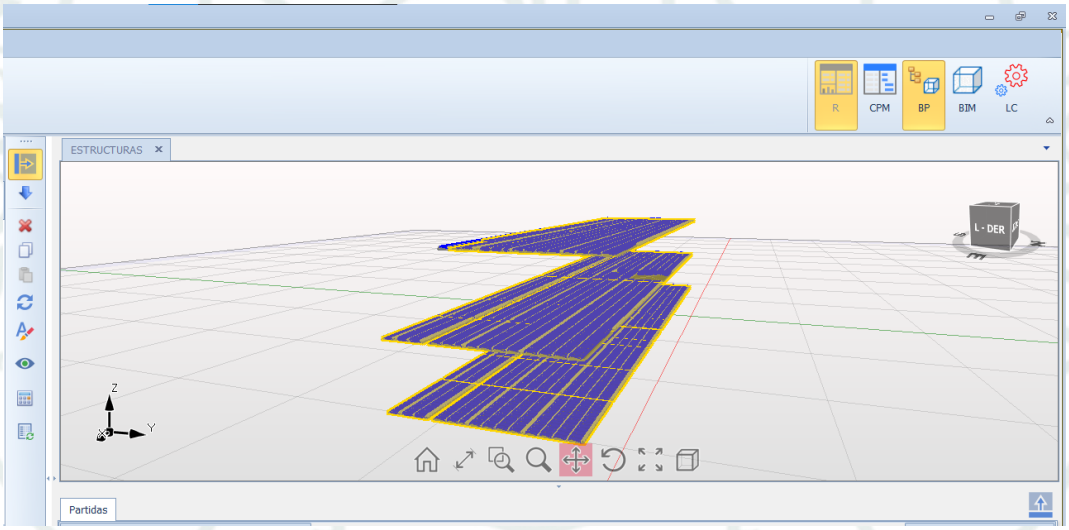


Figura 111

Agrupación de prelosas macizas en Delphin Express

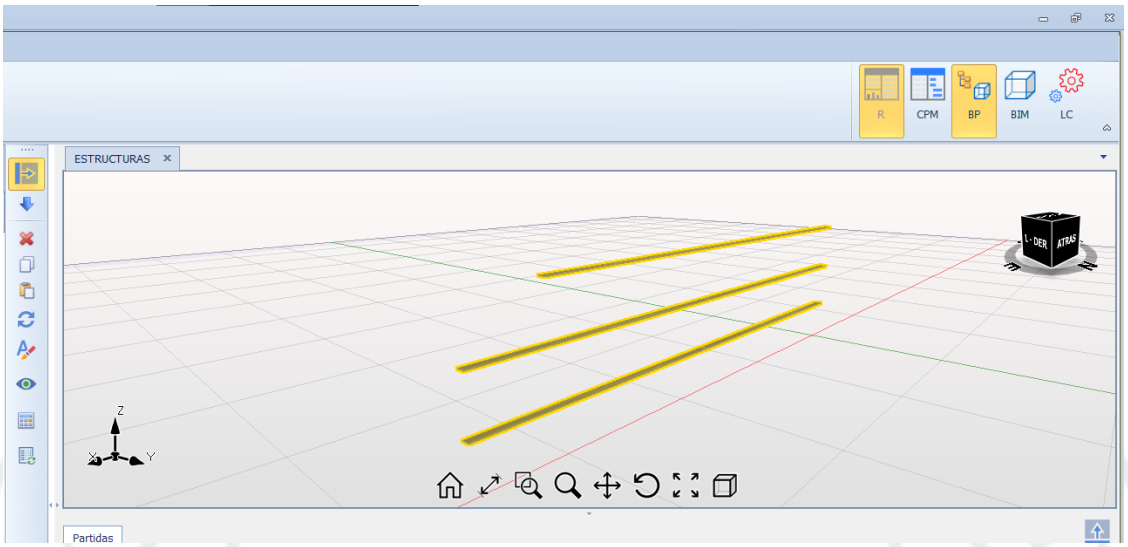


Figura 112

Agrupación de concreto in situ para prelosas aligeradas

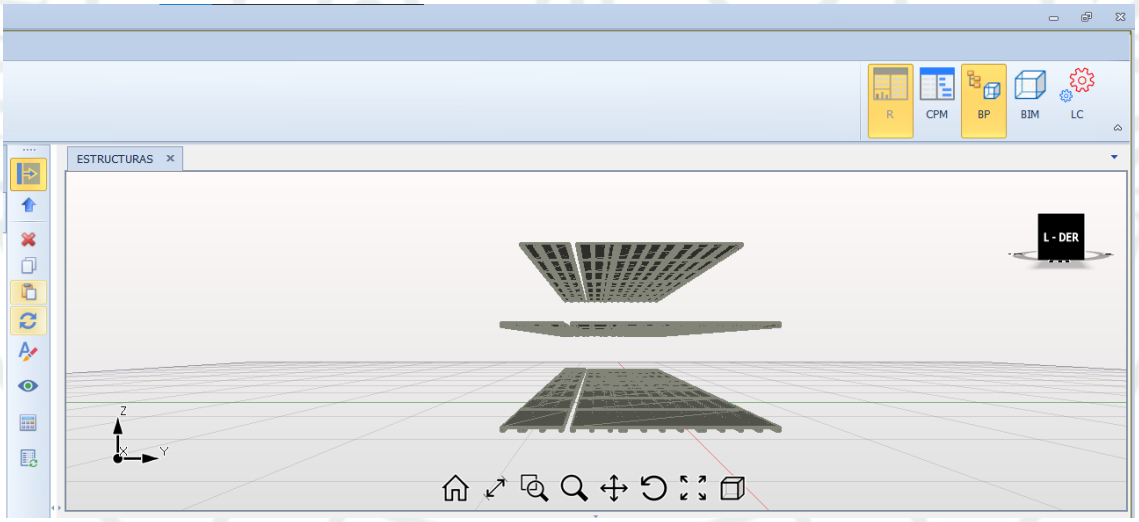
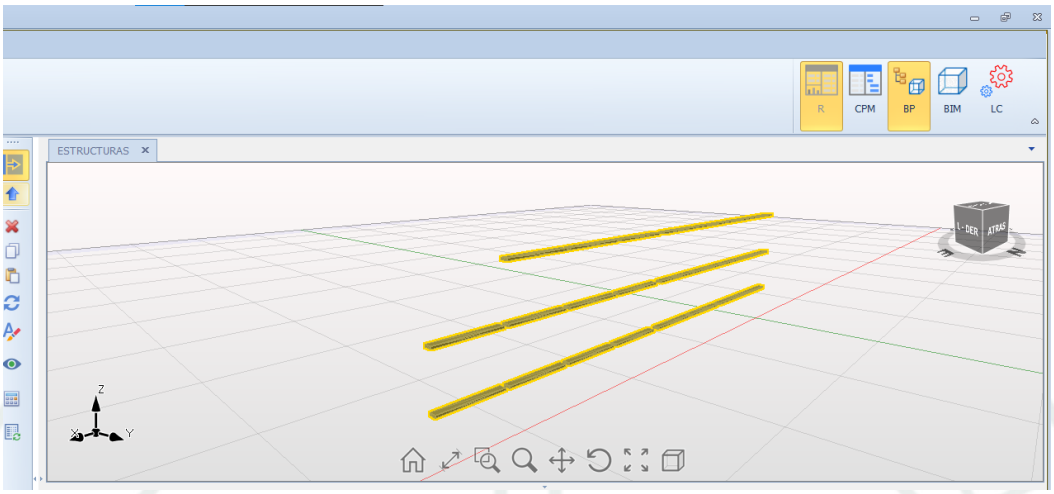


Figura 113

Agrupación de concreto in situ para prelosas macizas

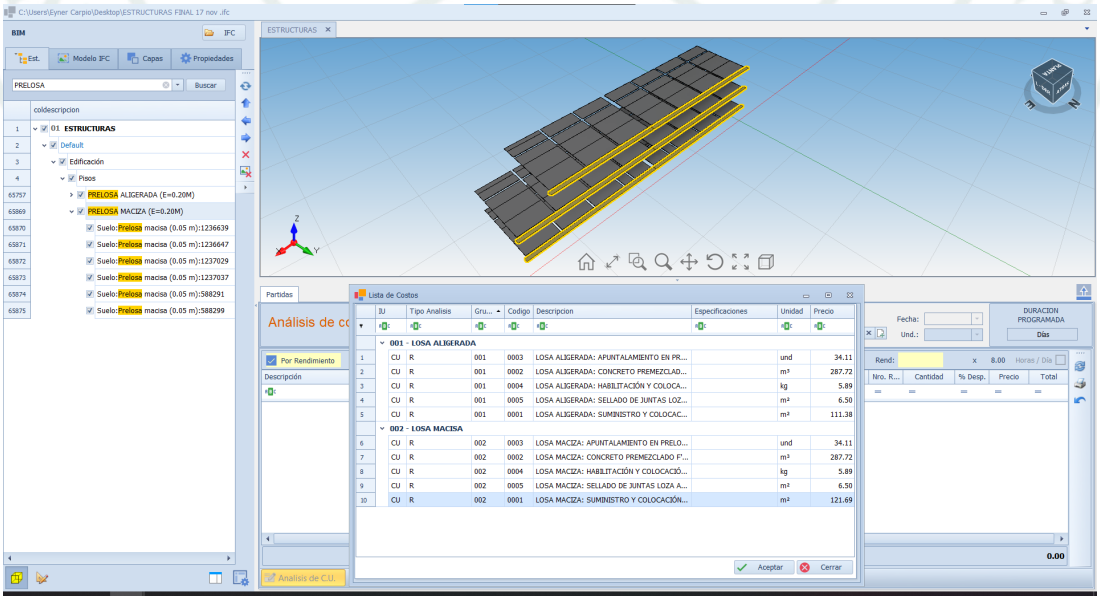


4.5.5. Asignación de Costos unitarios para los grupos

Una vez definidas las agrupaciones de elementos, se procede a asignar los costos unitarios correspondientes a cada grupo. Este paso permite vincular las cantidades obtenidas del modelo con los valores económicos de las partidas, generando así el costo total asociado a cada elemento constructivo.

Figura 114

Proceso de vinculación de costos unitarios a agrupaciones de elementos



4.5.6. Metrado BIM

El siguiente paso consiste en seleccionar el tipo de metrado que se utilizará para cada partida, de acuerdo con las unidades establecidas en el costo unitario. De esta manera, se garantiza que las cantidades extraídas del modelo BIM correspondan correctamente a las mediciones requeridas por cada actividad del presupuesto.

Figura 115

Asignación de metrado de prelosas aligeradas a partidas de costos unitarios

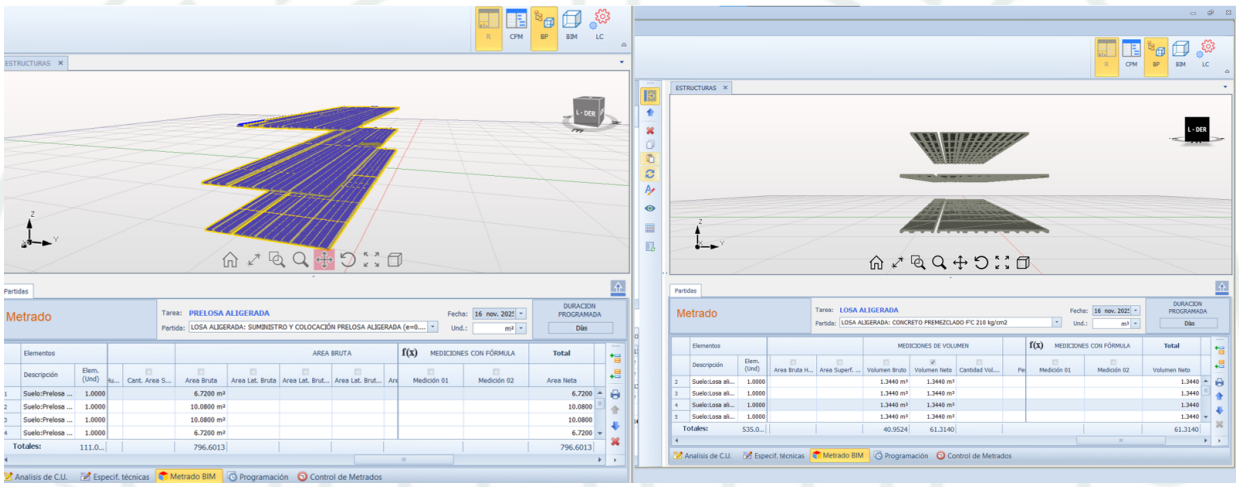
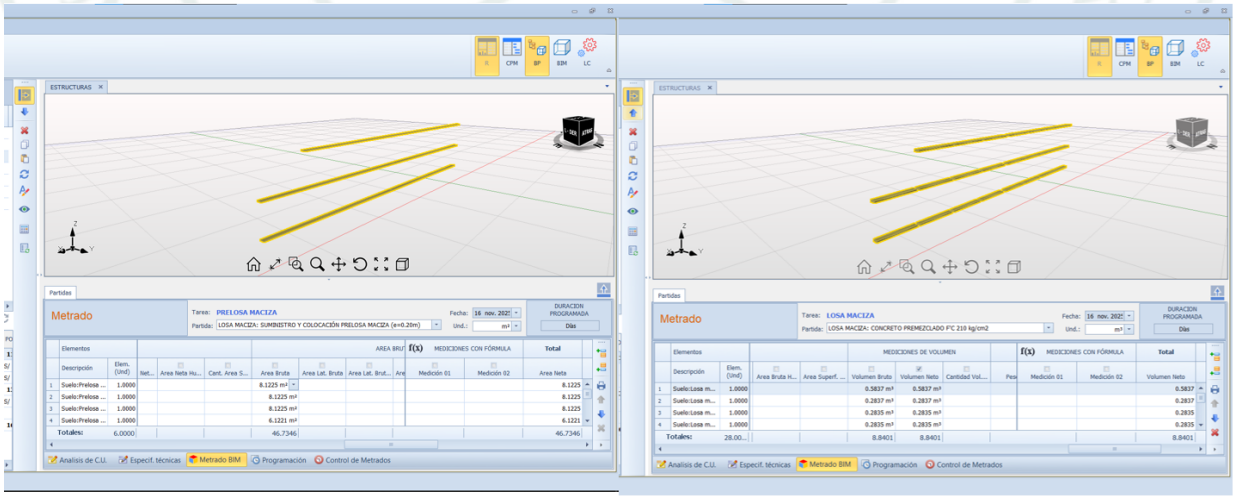


Figura 116

Asignación de metrado de prelosas macizas a partidas de costos unitarios



4.5.7. Elaboración del presupuesto

Como paso final, una vez asignados el costo unitario y el metrado BIM, cada partida se integra al presupuesto. En este apartado se puede visualizar de forma resumida el metrado, el costo unitario y el total de cada partida.

Para verificar la exactitud del metrado BIM, se debe confirmar que las cantidades coincidan con las extraídas del modelo. Además, el sistema indica la validación del metrado mediante un icono compuesto por un cubo con los colores azul, rojo y amarillo, que refleja la correcta asociación entre el modelo y el presupuesto.

Figura 117

Elaboración de presupuesto prelosas aligeradas

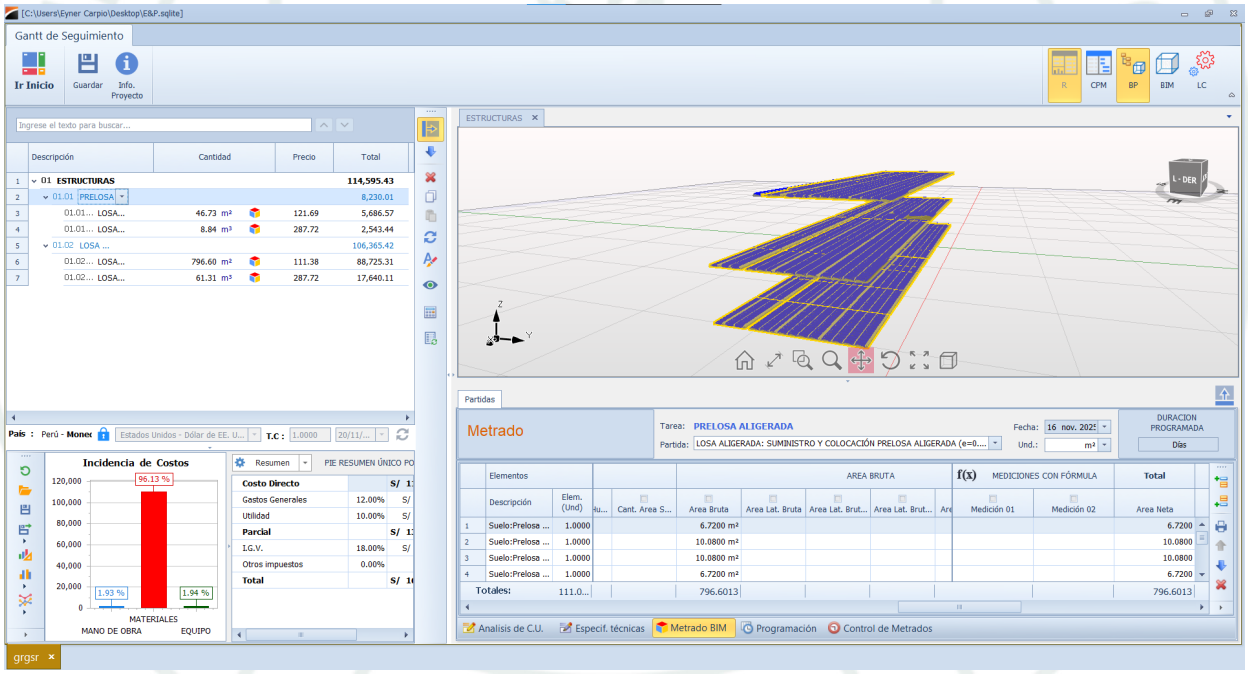


Figura 118

Elaboración de presupuesto prelosas macizas

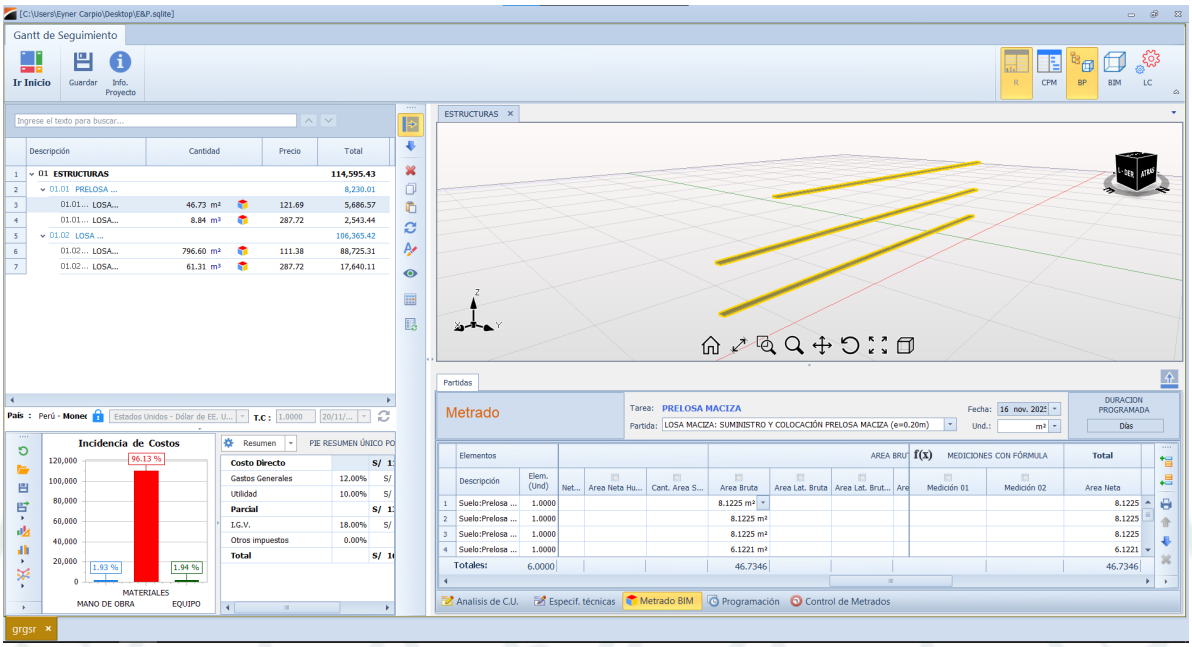


Figura 119

Elaboración presupuesto concreto in situ prelosas aligeradas

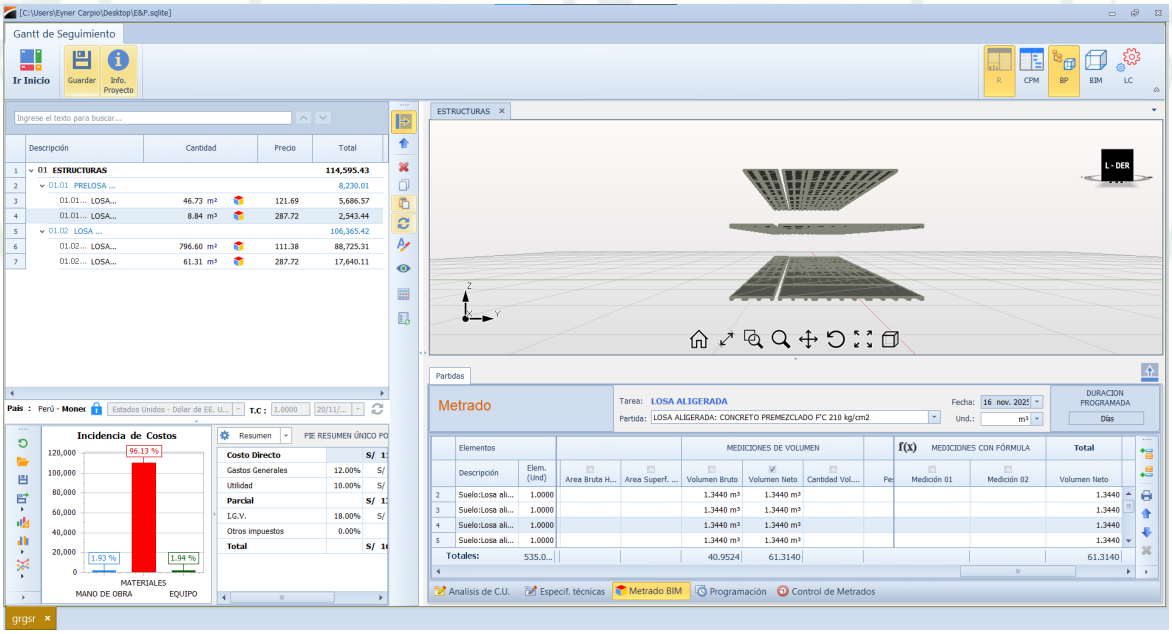
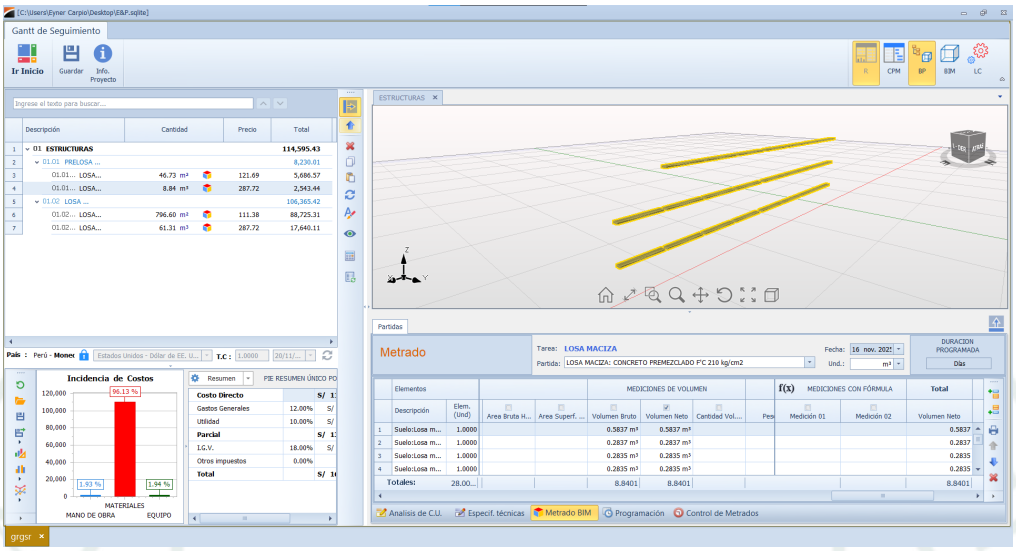


Figura 120

Elaboración de presupuesto concreto in situ prelosas macizas



4.6. Comparación de costos y tiempos entre el sistema de prelosas y el sistema convencional

4.6.1. Proceso de elaboración para la comparativa de costos

4.6.1.1. Costos Unitarios del método convencional.

4.6.1.1.1. Costos unitarios especialidad estructuras.

- ✓ *Costos unitarios de modelo convencional – Losa aligerada*

Figura 121

Costos unitarios de concreto 210 kg/cm2 de losa aligerada

Partida	01.06.05.01	LOSA ALIGERADA: CONCRETO F'C=210KG/CM2			Rend:	21.0000 M3/DIA
	Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
		Mano de Obra					
	47 00007	CAPATAZ	HH	0.300	0.1143	33.99	3.89
	47 00903	OPERARIO	HH	3.000	1.1429	29.99	34.28
	47 00009	OFICIAL	HH	2.000	0.7619	23.60	17.98
	47 00010	PEON	HH	11.000	4.1905	21.36	89.51
							145.65
		Materiales					
	04 00044	ARENA GRUESA	M3		0.5200	47.00	24.44
	05 02000	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" A 3/4"	M3		0.5300	55.08	29.19
	21 01180	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG)	BOL		9.7300	24.52	238.58
							292.21
		Equipo					
	37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	145.65	4.37
	48 03181	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8I-	HM	1.000	0.3810	25.63	9.77
	49 03185	VIBRADOR GASOLINA 1 3/4", 4HP	HM	1.000	0.3810	6.86	2.61
							16.75
						Costo unitario por M3 :	**454.61**

Figura 122

Costos unitarios de encofrado y desencofrada losa aligerada

Partida	01.06.05.02	LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO			Rend:	12.0000 M2/DIA
Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
	Mano de Obra					
47 00007	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	33.99	2.27
47 00903	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	29.99	19.99
47 00009	OFICIAL	HH	1.000	0.6667	23.60	15.73
						38.00
	Materiales					
02 00043	ALAMBRE NEGRO N°8	KG		0.1000	2.96	0.30
02 03184	CLAVOS C/C DE 2 1/2",3",4"	KG		0.1100	5.85	0.64
43 00011	MADERA TORNILLO	P2		5.1500	5.80	29.87
						30.81
	Equipo					
37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	38.00	1.14
						1.14
					Costo unitario por M2 :	**69.94**

Figura 123

Costos unitarios de acero grado 60 losa aligerada

Partida	01.06.05.03	LOSA ALIGERADA: ACERO GRADO 60 FY=4200KG/CM2			Rend:	200.0000 KG/DIA
Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
	Mano de Obra					
47 00007	CAPATAZ	HH	0.100	0.0040	33.99	0.14
47 00903	OPERARIO	HH	1.000	0.0400	29.99	1.20
47 00009	OFICIAL	HH	1.000	0.0400	23.60	0.94
						2.28
	Materiales					
02 00019	ALAMBRE NEGRO N°16	KG		0.0500	2.80	0.14
03 01552	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GF	KG		1.0500	3.69	3.87
						4.01
	Equipo					
37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.28	0.07
						0.07
					Costo unitario por KG :	**6.36**

Figura 124

Costos unitarios de ladrillo hueco 15x30x30 losa aligerada

Partida	01.06.05.04	LOSA ALIGERADA:LADRILLO HUECO 15x30x30cms			Rend:	1,600.0000 UND/DIA
Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
	Mano de Obra					
47 00007	CAPATAZ	HH	0.100	0.0005	33.99	0.02
47 00903	OPERARIO	HH	1.000	0.0050	29.99	0.15
47 00009	OFICIAL	HH	1.000	0.0050	23.60	0.12
47 00010	PEON	HH	9.000	0.0450	21.36	0.96
						1.25
	Materiales					
17 03186	LADRILLO DE ARCILLA HUECO 15x30x30	UND		1.0500	3.21	3.37
						3.37
	Equipo					
37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.25	0.04
						0.04
					Costo unitario por UND :	**4.65**

Figura 125

Costos unitarios de ladrillo hueco 20x30x30 losa aligerada

Partida	01.06.05.05	LOSA ALIGERADA:LADRILLO HUECO 20x30x30cms			Rend:	1,300.0000 UND/DIA
Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
	Mano de Obra					
47 00007	CAPATAZ	HH	0.100	0.0006	33.99	0.02
47 00903	OPERARIO	HH	1.000	0.0062	29.99	0.19
47 00009	OFICIAL	HH	1.000	0.0062	23.60	0.15
47 00010	PEON	HH	9.000	0.0554	21.36	1.18
						1.54
	Materiales					
17 03187	LADRILLO DE ARCILLA HUECO 20x30x30	UND		1.0500	3.21	3.37
						3.37
	Equipo					
37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.54	0.05
						0.05
					Costo unitario por UND :	**4.95**

Nota. Recuadros obtenidos de partidas de costos unitarios de expediente técnico Simón Bolívar.

✓ *Costos unitarios de modelo convencional – Losa Maciza*

Figura 126

Costos unitarios losa maciza concreto 210 Kg/cm2

Partida	01.06.06.01	LOSA MACISA: CONCRETO 210KG/CM2				Rend:	18.0000 M3/DIA
	Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
		Mano de Obra					
	47 00007	CAPATAZ	HH	0.200	0.0889	33.99	3.02
	47 00903	OPERARIO	HH	2.000	0.8889	29.99	26.66
	47 00009	OFICIAL	HH	2.000	0.8889	23.60	20.98
	47 00010	PEON	HH	10.000	4.4444	21.36	94.93
							145.59
		Materiales					
	04 00044	ARENA GRUESA	M3		0.5200	47.00	24.44
	05 02000	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" A 3/4"	M3		0.5300	55.08	29.19
	21 01180	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG)	BOL		9.7300	24.52	238.58
							292.21
		Equipo					
	37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	145.59	4.37
	48 03181	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8H	HM	1.000	0.4444	25.63	11.39
	49 03185	VIBRADOR GASOLINA 1 3/4", 4HP	HM	1.000	0.4444	6.86	3.05
							18.81
						Costo unitario por M3 :	**456.61**

Figura 127

Costos unitarios encofrado y desencofrado losas macizas

Partida	01.06.06.02	LOSA MACISA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO				Rend:	15.0000 M2/DIA
	Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
		Mano de Obra					
	47 00007	CAPATAZ	HH	0.100	0.0533	33.99	1.81
	47 00903	OPERARIO	HH	1.000	0.5333	29.99	15.99
	47 00009	OFICIAL	HH	1.000	0.5333	23.60	12.59
							30.39
		Materiales					
	02 00043	ALAMBRE NEGRO N°8	KG		0.1000	2.96	0.30
	02 03184	CLAVOS C/C DE 2 1/2",3",4"	KG		0.1400	5.85	0.82
	43 00011	MADERA TORNILLO	P2		5.9300	5.80	34.39
							35.51
		Equipo					
	37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	30.39	0.91
							0.91
						Costo unitario por M2 :	**66.81**

Figura 128

Costos unitarios acero grado 60 losas macizas

Partida	01.06.06.03	LOSA MACISA: ACERO GRADO 60 FY=4200KG/CM2				Rend:	200.0000 KG/DIA
	Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
		Mano de Obra					
	47 00007	CAPATAZ	HH	0.100	0.0040	33.99	0.14
	47 00903	OPERARIO	HH	1.000	0.0400	29.99	1.20
	47 00009	OFICIAL	HH	1.000	0.0400	23.60	0.94
							2.28
		Materiales					
	02 00019	ALAMBRE NEGRO N°16	KG		0.0500	2.80	0.14
	03 01552	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GF	KG		1.0500	3.69	3.87
							4.01
		Equipo					
	37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.28	0.07
							0.07
						Costo unitario por KG :	**6.36**

Nota. Recuadros obtenidos de partidas de costos unitarios de expediente técnico Simón Bolívar.

4.6.1.1.2. Costos unitarios especialidad Arquitectura.

- ✓ *Costos unitarios de modelo convencional – Losa aligerada y maciza*

Figura 129

Costos unitarios de Cielorraso con Mezcla

Partida	05.02.01	CIELORRASO CON MEZCLA				Rend:	6.0000 M2/DIA
	Código	*Descripción Insumo*	*Unidad*	*Cuadrilla*	*Cantidad*	*Precio*	*Parcial*
		Mano de Obra					
	47 00007	CAPATAZ	HH	0.100	0.1333	33.99	4.53
	47 00903	OPERARIO	HH	1.000	1.3333	29.99	39.99
	47 00010	PEON	HH	0.500	0.6667	23.60	15.73
							60.25
		Materiales					
	04 00055	ARENA FINA	M3		0.0330	50.85	1.68
	21 01180	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 KG)	BOL		0.2570	24.52	6.30
							7.98
		Equipo					
	37 00005	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	60.25	1.81
	43 03182	REGLA DE MADERA	HE	1.000	1.3333	2.00	2.67
	48 00677	ANDAMIO METALICO	HM	1.000	1.3333	10.59	14.12
							18.59
						Costo unitario por M2 :	**86.82**

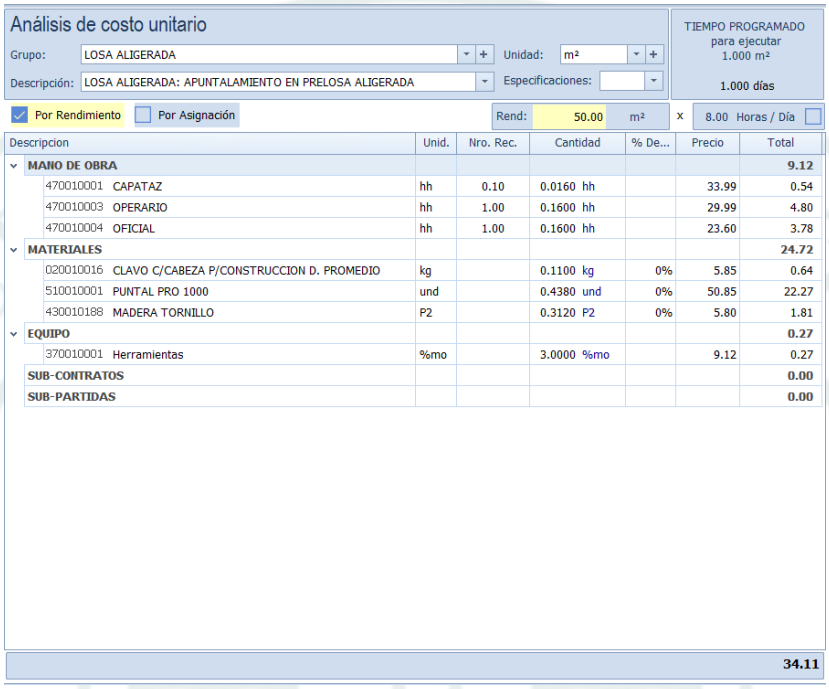
Nota. Recuadros obtenidos de partidas de costos unitarios de expediente técnico Simón Bolívar.

4.6.1.2. Costos Unitarios de losas utilizando prelosas.

4.6.1.2.1. Partida de costos unitarios utilizando prelosas – Losa Aligerada.

Figura 130

Costos unitarios de apuntalamiento prelosa aligerada



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA ALIGERADA | Unidad: m²

Descripción: LOSA ALIGERADA: APUNTALAMIENTO EN PRELOSA ALIGERADA | Especificaciones:

TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 m² — 1.000 días

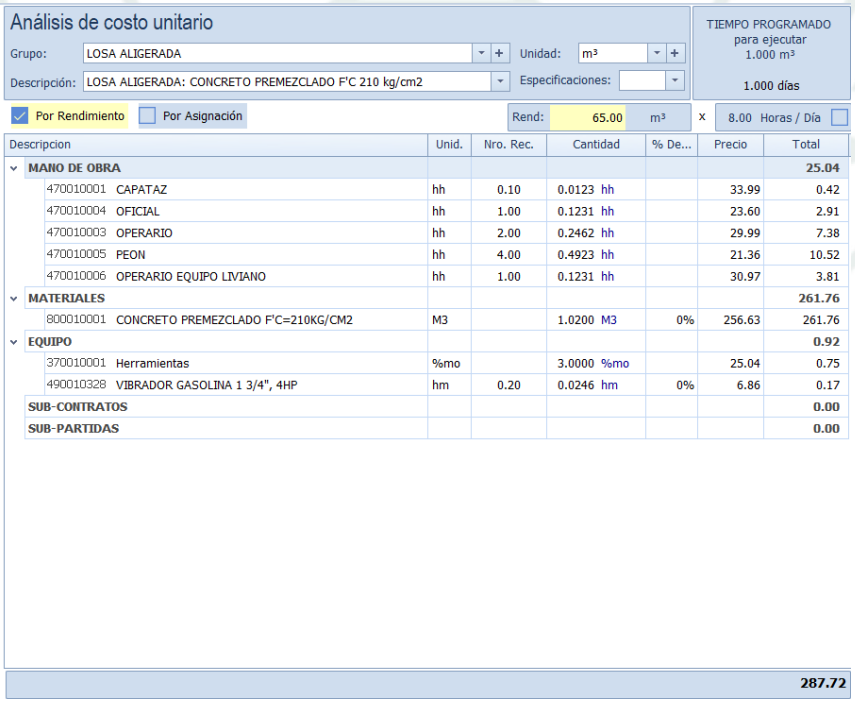
Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 50.00 m² x 8.00 Horas / Día

Descripcion		Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA							**9.12**
470010001	CAPATAZ	hh	0.10	0.0160 hh		33.99	0.54
470010003	OPERARIO	hh	1.00	0.1600 hh		29.99	4.80
470010004	OFICIAL	hh	1.00	0.1600 hh		23.60	3.78
MATERIALES							**24.72**
020010016	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg		0.1100 kg	0%	5.85	0.64
510010001	PUNTAL PRO 1000	und		0.4380 und	0%	50.85	22.27
430010188	MADERA TORNILLO	P2		0.3120 P2	0%	5.80	1.81
EQUIPO							**0.27**
370010001	Herramientas	%mo		3.0000 %mo		9.12	0.27
SUB-CONTRATOS							**0.00**
SUB-PARTIDAS							**0.00**

34.11

Figura 131

Costos unitarios de concreto premezclado kg/cm2



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA ALIGERADA | Unidad: m³

Descripción: LOSA ALIGERADA: CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210 kg/cm2 | Especificaciones:

TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 m³ — 1.000 días

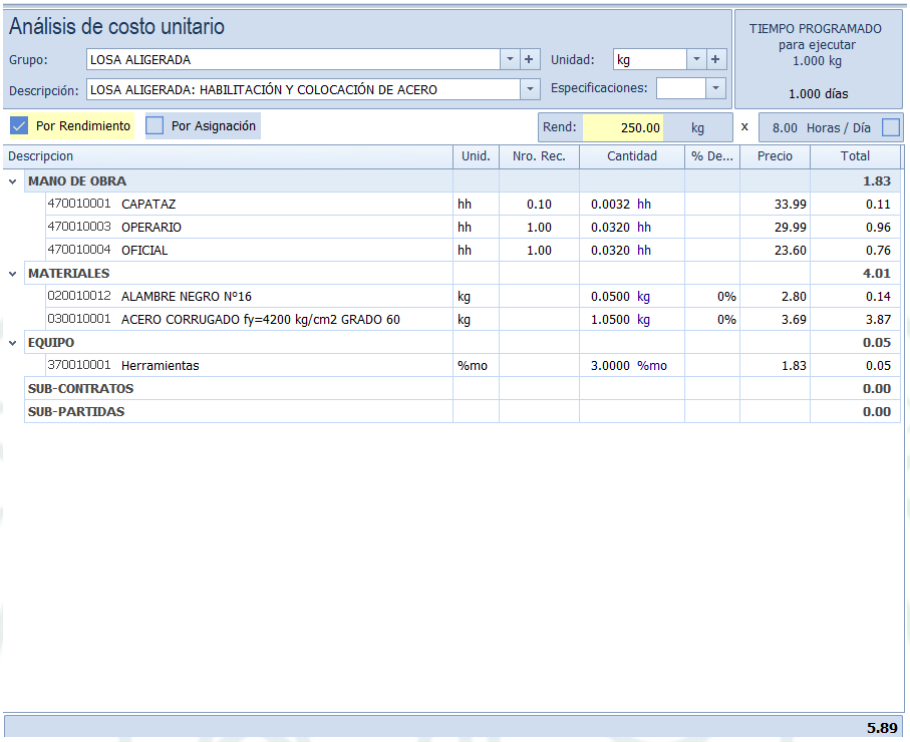
Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 65.00 m³ x 8.00 Horas / Día

Descripcion		Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA							**25.04**
470010001	CAPATAZ	hh	0.10	0.0123 hh		33.99	0.42
470010004	OFICIAL	hh	1.00	0.1231 hh		23.60	2.91
470010003	OPERARIO	hh	2.00	0.2462 hh		29.99	7.38
470010005	PEON	hh	4.00	0.4923 hh		21.36	10.52
470010006	OPERARIO EQUIPO LIVIANO	hh	1.00	0.1231 hh		30.97	3.81
MATERIALES							**261.76**
800010001	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210KG/CM2	M3		1.0200 M3	0%	256.63	261.76
EQUIPO							**0.92**
370010001	Herramientas	%mo		3.0000 %mo		25.04	0.75
490010328	VIBRADOR GASOLINA 1 3/4", 4HP	hm	0.20	0.0246 hm	0%	6.86	0.17
SUB-CONTRATOS							**0.00**
SUB-PARTIDAS							**0.00**

287.72

Figura 132

Costos unitarios de habilitación y colocación de acero losa aligerada



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA ALIGERADA Unidad: kg

Descripción: LOSA ALIGERADA: HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO Especificaciones:

TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 kg

1.000 días

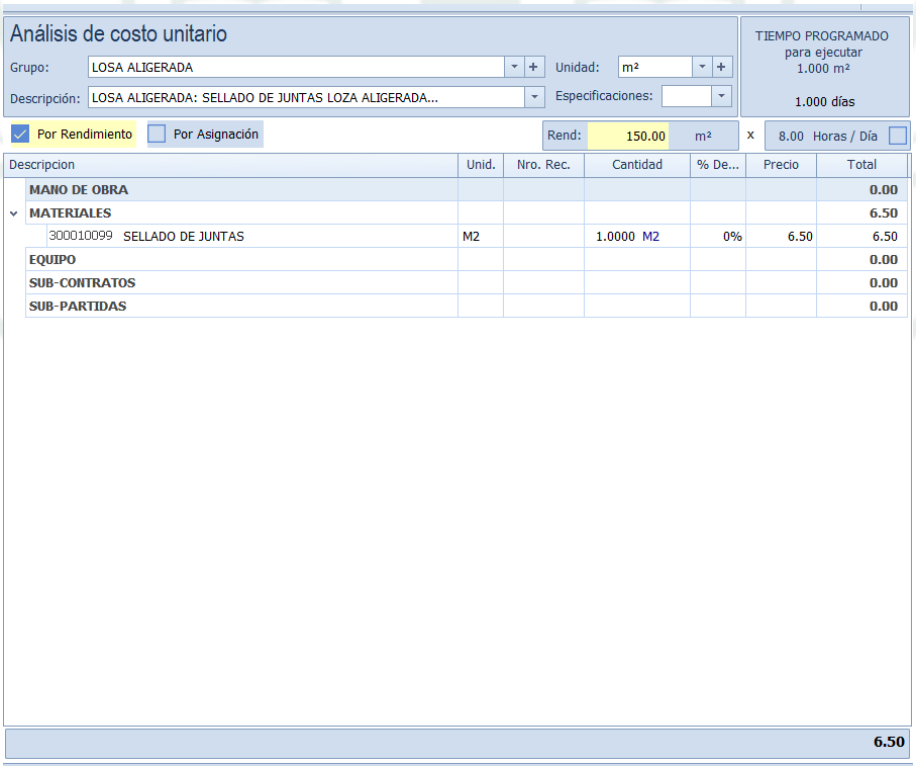
Por Rendimiento Por Asignación Rend: 250.00 kg x 8.00 Horas / Día

Descripcion		Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA							**1.83**
470010001	CAPATAZ	hh	0.10	0.0032 hh		33.99	0.11
470010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0320 hh		29.99	0.96
470010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0320 hh		23.60	0.76
MATERIALES							**4.01**
020010012	ALAMBRE NEGRO N°16	kg		0.0500 kg	0%	2.80	0.14
030010001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500 kg	0%	3.69	3.87
EQUIPO							**0.05**
370010001	Herramientas	%mo		3.0000 %mo		1.83	0.05
SUB-CONTRATOS							**0.00**
SUB-PARTIDAS							**0.00**

5.89

Figura 133

Costos unitarios de sellado de juntas losa aligerada



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA ALIGERADA Unidad: m²

Descripción: LOSA ALIGERADA: SELLADO DE JUNTAS LOZA ALIGERADA... Especificaciones:

TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 m²

1.000 días

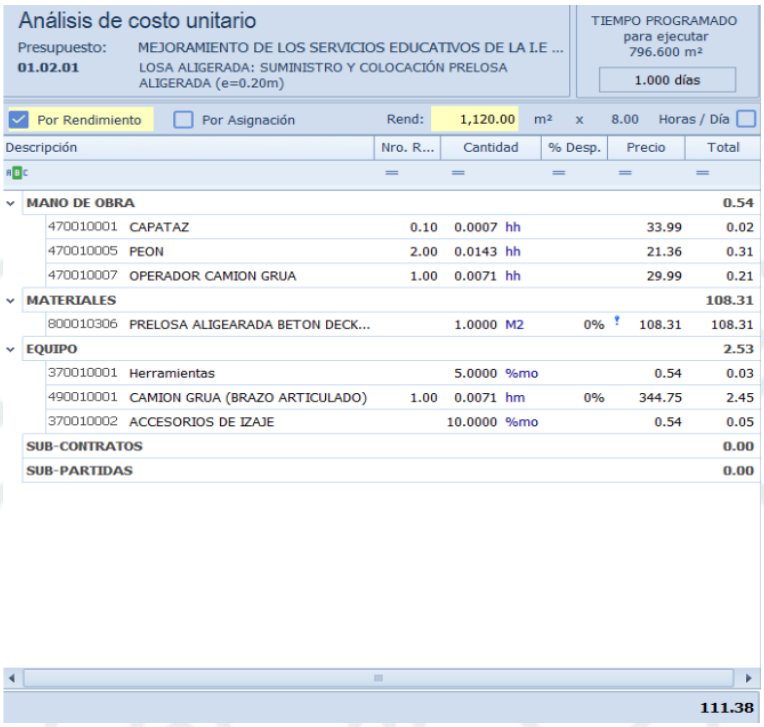
Por Rendimiento Por Asignación Rend: 150.00 m² x 8.00 Horas / Día

Descripcion		Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA							**0.00**
MATERIALES							**6.50**
300010099	SELLADO DE JUNTAS	M2		1.0000 M2	0%	6.50	6.50
EQUIPO							**0.00**
SUB-CONTRATOS							**0.00**
SUB-PARTIDAS							**0.00**

6.50

Figura 134

Costos unitarios de suministro y colocación de prelosa aligerada



Análisis de costo unitario

Presupuesto: MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E ...
01.02.01 LOSA ALIGERADA: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN PRELOSA ALIGERADA (e=0.20m)

TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 796.600 m²
1.000 días

Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 1,120.00 m² x 8.00 Horas / Día

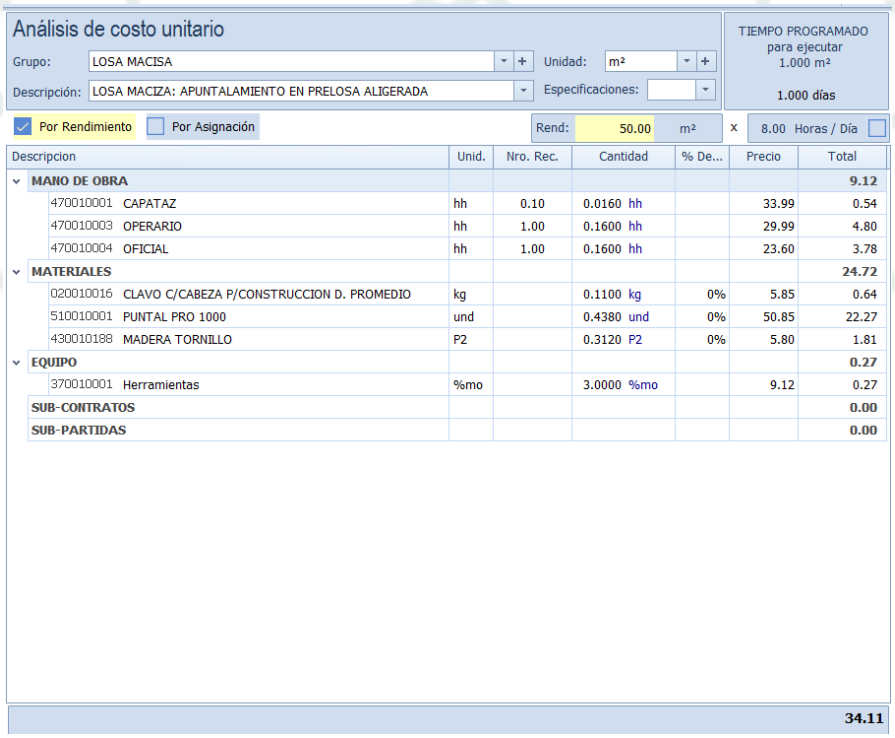
Descripción		Nro. R...	Cantidad		% Desp.	Precio	Total
MANO DE OBRA							**0.54**
470010001	CAPATAZ	0.10	0.0007	hh		33.99	0.02
470010005	PEON	2.00	0.0143	hh		21.36	0.31
470010007	OPERADOR CAMION GRUA	1.00	0.0071	hh		29.99	0.21
MATERIALES							**108.31**
800010306	PRELOSA ALIGEARADA BETON DECK...		1.0000	M2	0%	108.31	108.31
EQUIPO							**2.53**
370010001	Herramientas		5.0000	%mo		0.54	0.03
490010001	CAMION GRUA (BRAZO ARTICULADO)	1.00	0.0071	hm	0%	344.75	2.45
370010002	ACCESORIOS DE IZAJE		10.0000	%mo		0.54	0.05
SUB-CONTRATOS							**0.00**
SUB-PARTIDAS							**0.00**

111.38

4.6.1.2.2. Costos unitarios utilizando prelosas – Losa Maciza.

Figura 135

Costos unitarios de apuntalamiento en prelosa maciza



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA MACISA | Unidad: m²
Descripción: LOSA MACIZA: APUNTALAMIENTO EN PRELOSA ALIGERADA | Especificaciones:

TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 m²
1.000 días

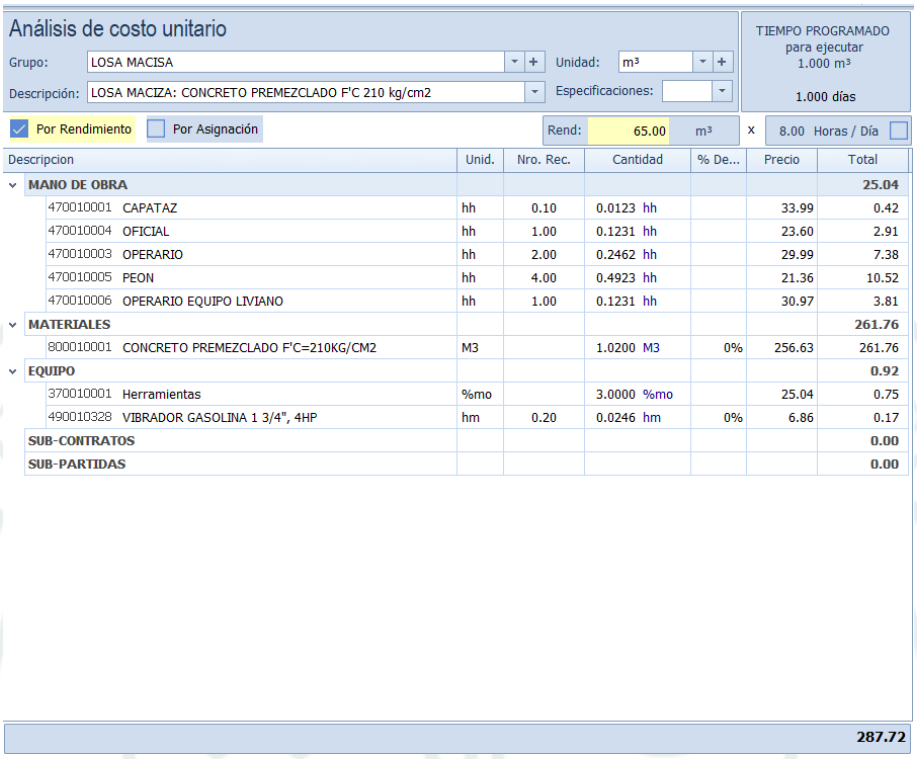
Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 50.00 m² x 8.00 Horas / Día

Descripcion		Unid.	Nro. Rec.	Cantidad		% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA								**9.12**
470010001	CAPATAZ	hh	0.10	0.0160	hh		33.99	0.54
470010003	OPERARIO	hh	1.00	0.1600	hh		29.99	4.80
470010004	OFICIAL	hh	1.00	0.1600	hh		23.60	3.78
MATERIALES								**24.72**
020010016	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg		0.1100	kg	0%	5.85	0.64
510010001	PUNTAL PRO 1000	und		0.4380	und	0%	50.85	22.27
430010188	MADERA TORNILLO	P2		0.3120	P2	0%	5.80	1.81
EQUIPO								**0.27**
370010001	Herramientas	%mo		3.0000	%mo		9.12	0.27
SUB-CONTRATOS								**0.00**
SUB-PARTIDAS								**0.00**

34.11

Figura 136

Costos unitarios de concreto premezclado 210 kg/cm2 prelosa maciza



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA MACISA | Unidad: m³ | TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 m³ | 1.000 días

Descripción: LOSA MACIZA: CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210 kg/cm2 | Especificaciones:

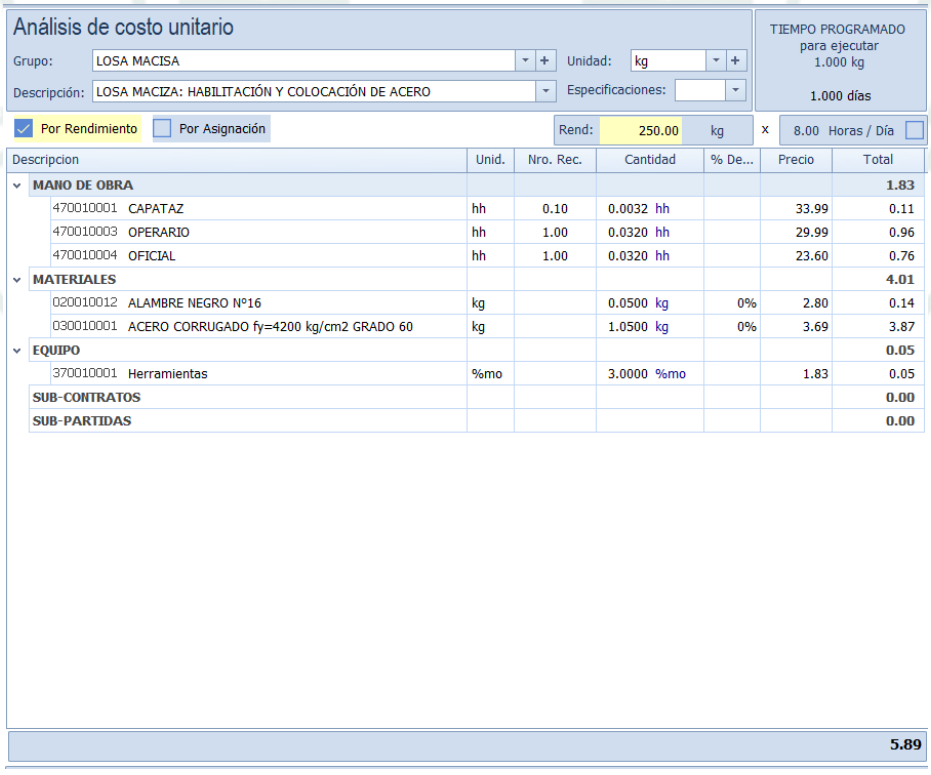
Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 65.00 m³ x 8.00 Horas / Día

Descripcion		Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA							**25.04**
470010001	CAPATAZ	hh	0.10	0.0123 hh		33.99	0.42
470010004	OFICIAL	hh	1.00	0.1231 hh		23.60	2.91
470010003	OPERARIO	hh	2.00	0.2462 hh		29.99	7.38
470010005	PEON	hh	4.00	0.4923 hh		21.36	10.52
470010006	OPERARIO EQUIPO LIVIANO	hh	1.00	0.1231 hh		30.97	3.81
MATERIALES							**261.76**
800010001	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210KG/CM2	M3		1.0200 M3	0%	256.63	261.76
EQUIPO							**0.92**
370010001	Herramientas	%mo		3.0000 %mo		25.04	0.75
490010328	VIBRADOR GASOLINA 1 3/4", 4HP	hm	0.20	0.0246 hm	0%	6.86	0.17
SUB-CONTRATOS							**0.00**
SUB-PARTIDAS							**0.00**

287.72

Figura 137

Costos unitarios de habilitación y colocación de acero prelosas macizas



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA MACISA | Unidad: kg | TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 kg | 1.000 días

Descripción: LOSA MACIZA: HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO | Especificaciones:

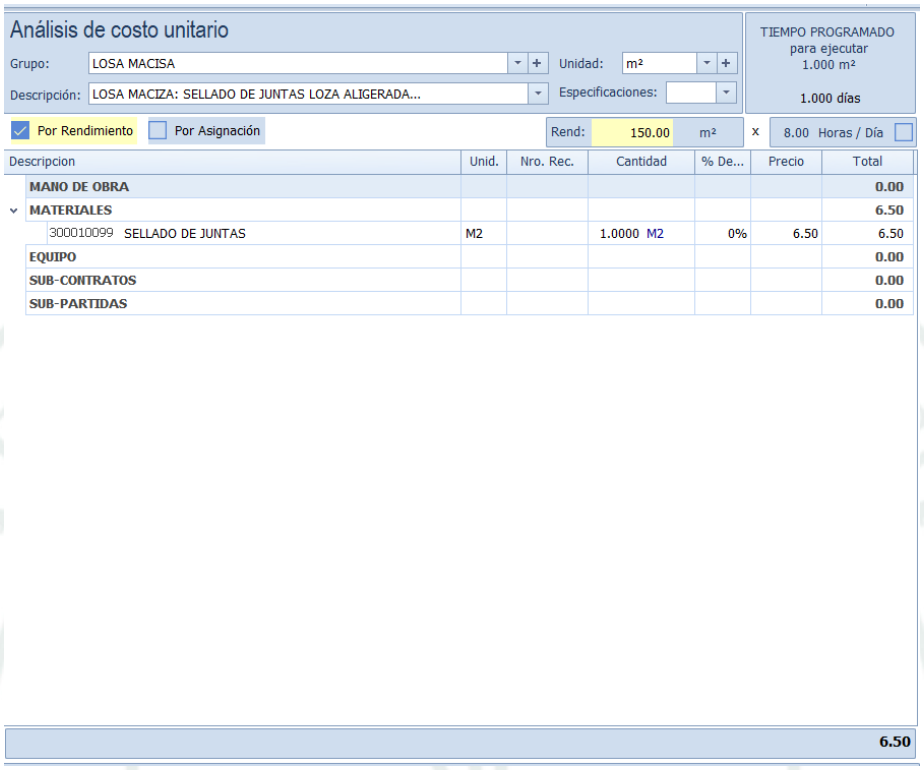
Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 250.00 kg x 8.00 Horas / Día

Descripcion		Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA							**1.83**
470010001	CAPATAZ	hh	0.10	0.0032 hh		33.99	0.11
470010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0320 hh		29.99	0.96
470010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0320 hh		23.60	0.76
MATERIALES							**4.01**
020010012	ALAMBRE NEGRO N°16	kg		0.0500 kg	0%	2.80	0.14
030010001	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500 kg	0%	3.69	3.87
EQUIPO							**0.05**
370010001	Herramientas	%mo		3.0000 %mo		1.83	0.05
SUB-CONTRATOS							**0.00**
SUB-PARTIDAS							**0.00**

5.89

Figura 138

Costos unitarios de sellado de juntas prelosas macizas



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA MACISA | Unidad: m² | TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 m² | 1.000 días

Descripción: LOSA MACIZA: SELLADO DE JUNTAS LOZA ALIGERADA... | Especificaciones:

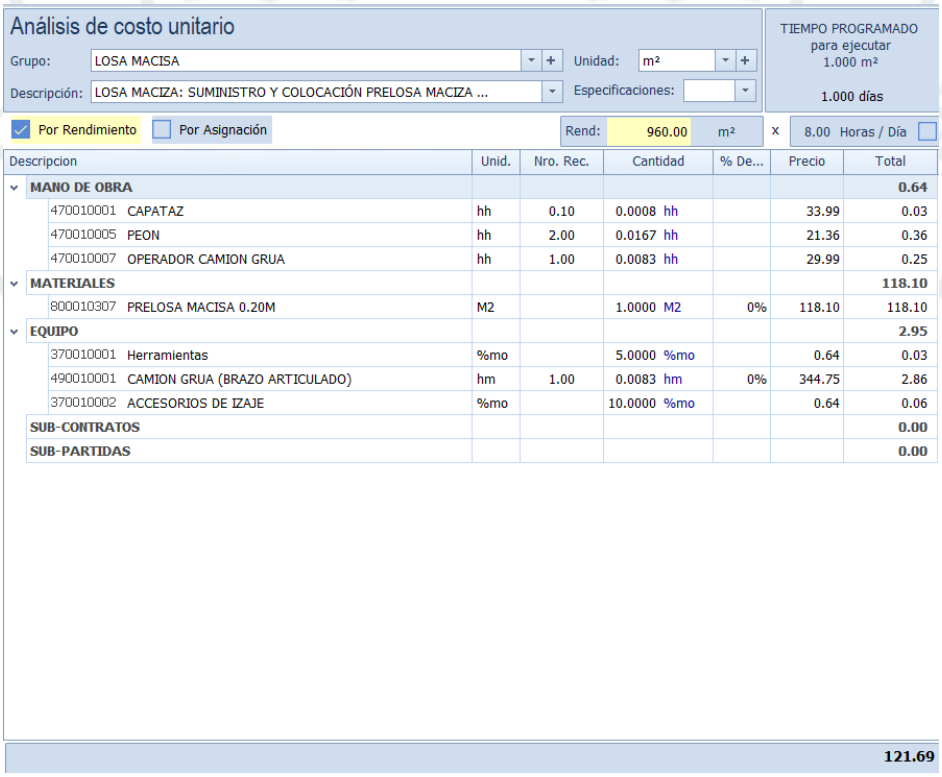
Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 150.00 m² x 8.00 Horas / Día

Descripcion	Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA						**0.00**
MATERIALES						**6.50**
300010099 SELLADO DE JUNTAS	M2		1.0000 M2	0%	6.50	6.50
EQUIPO						**0.00**
SUB-CONTRATOS						**0.00**
SUB-PARTIDAS						**0.00**

6.50

Figura 139

Costos unitarios de suministro y colocación de prelosa maciza



Análisis de costo unitario

Grupo: LOSA MACISA | Unidad: m² | TIEMPO PROGRAMADO para ejecutar 1.000 m² | 1.000 días

Descripción: LOSA MACIZA: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN PRELOSA MACIZA ... | Especificaciones:

Por Rendimiento | Por Asignación | Rend: 960.00 m² x 8.00 Horas / Día

Descripcion	Unid.	Nro. Rec.	Cantidad	% De...	Precio	Total
MANO DE OBRA						**0.64**
470010001 CAPATAZ	hh	0.10	0.0008 hh		33.99	0.03
470010005 PEON	hh	2.00	0.0167 hh		21.36	0.36
470010007 OPERADOR CAMION GRUA	hh	1.00	0.0083 hh		29.99	0.25
MATERIALES						**118.10**
800010307 PRELOSA MACISA 0.20M	M2		1.0000 M2	0%	118.10	118.10
EQUIPO						**2.95**
370010001 Herramientas	%mo		5.0000 %mo		0.64	0.03
490010001 CAMION GRUA (BRAZO ARTICULADO)	hm	1.00	0.0083 hm	0%	344.75	2.86
370010002 ACCESORIOS DE IZAJE	%mo		10.0000 %mo		0.64	0.06
SUB-CONTRATOS						**0.00**
SUB-PARTIDAS						**0.00**

121.69

4.6.1.3. Evaluación comparativa del tiempo constructivo según método de prelosas y el método convencional.

Como justificación para la validación de la comparación entre ambos métodos constructivos, se tuvieron los siguientes alcances y criterios metodológicos:

4.6.1.3.1. Cronograma por el método tradicional.

Para determinar el número de cuadrillas y la duración de ejecución de cada partida, se utilizaron los datos establecidos en el expediente técnico, considerando los metrados totales de obra, los rendimientos de las cuadrillas tipo y las duraciones previstas en el cronograma línea base LB0. A partir de esta información, se estimó el número mínimo de cuadrillas necesarias para cumplir los plazos programados, aplicando un criterio uniforme de cálculo para todas las partidas analizadas. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula:

$$N° \; Cuadrillas \; equivalentes \; = \frac{Metrado \; total}{Rendimiento \; x \; duración \; de \; cronograma}$$

Una vez determinado el número de cuadrillas, se calcularon las nuevas duraciones correspondientes a los metrados que serán ejecutados exclusivamente en el módulo C. Este procedimiento permite reducir el sesgo asociado a la selección arbitraria de cuadrillas, ya que su cantidad se obtiene a partir de los datos del expediente técnico y del cronograma línea base LB0. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Duración \; = \frac{Metrado \; Modulo \; C}{Rendimiento \; x \; N° \; Cuadrillas \; equivalentes}$$

El aumento de cuadrillas se utiliza para alcanzar la producción requerida dentro del plazo programado y no implica que el rendimiento individual de cada cuadrilla se modifique.

Tabla 11

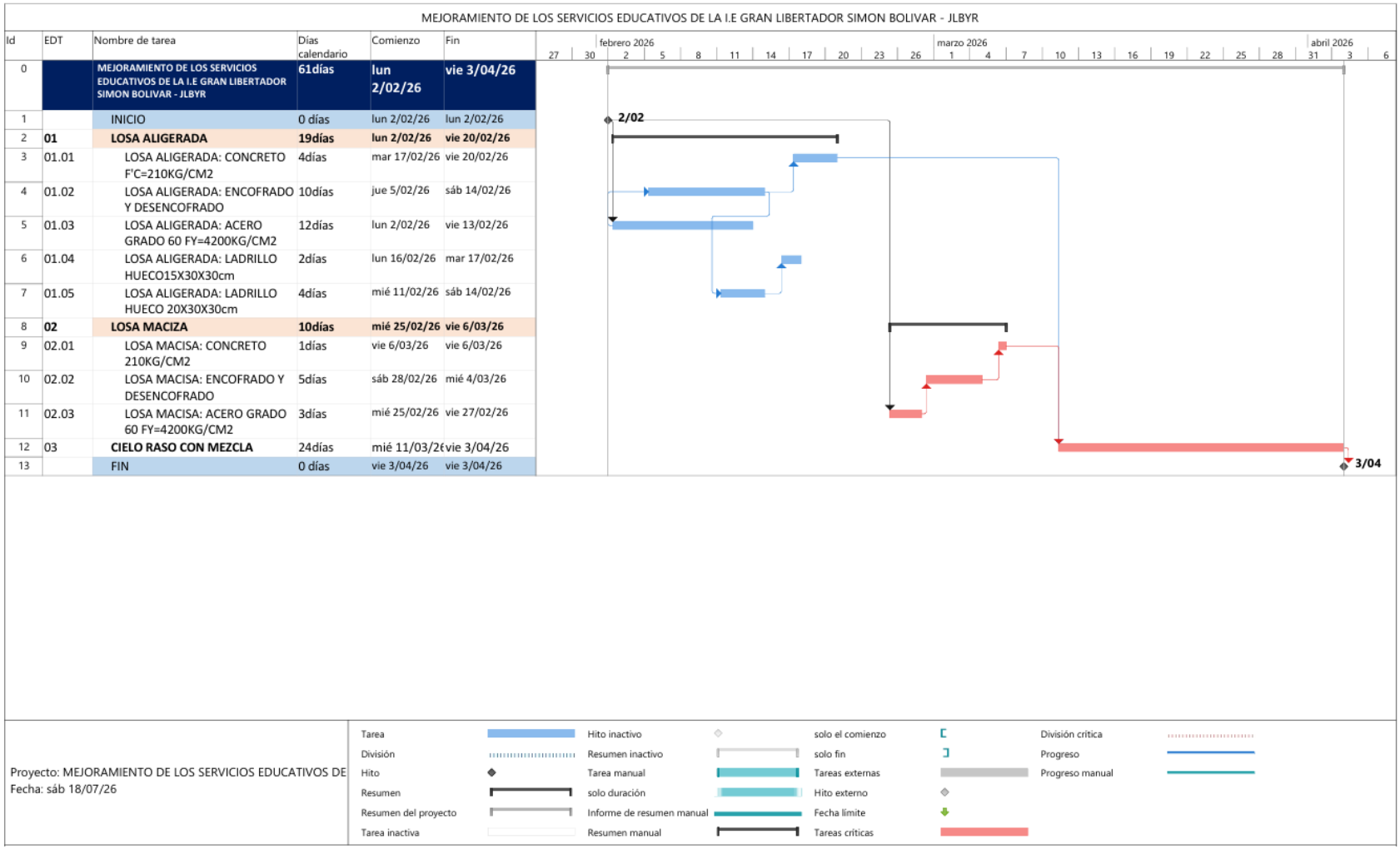
Cálculo de los tiempos de ejecución mediante la información del expediente técnico

Partida	Metrados totales	Rendimientos	Duraciónes previstas	Cuadrillas equivalentes	Metrado a ejecutar	Duración para metrado a ejecutar
LOSA ALIGERADA						
LOSA ALIGERADA: CONCRETO F'C=210KG/CM2	152.32	21	20	1	75.56	4.00
LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	1615.36	12	19	8	797.22	9.00
LOSA ALIGERADA: ACERO GRADO 60 FY=4200KG/CM2	8286.43	200	17	3	6074.86	11.00
LOSA ALIGERADA:LADRILLO HUECO 15x30x30cms.	4902.50	1600	4	1	2035.5	2.00
LOSA ALIGERADA: LADRILLO HUECO 20x30x30cms.	9756.00	1300	8	1	4928	4.00
LOSA MACISA						
LOSA MACISA: CONCRETO 210KG/CM2	38.23	18	4	1	8.8	1.00
LOSA MACISA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	166.66	15	17	1	45.36	4.00
LOSA MACISA: ACERO GRADO 60 FY=4200KG/CM2	3946.13	200	16	2	804	3.00
ARQUITECTURA						
CIELORRASOS						
CIELORRASO CON MEZCLA	1423.05	6	37	7	842.58	21.00

Con los valores de los días calculados en las tablas anteriores se realizó el cronograma de proyecto para el método convencional en el programa MS Project, el resultado se muestra a continuación:

Figura 140

Cronograma de proyecto método convencional en días calendario

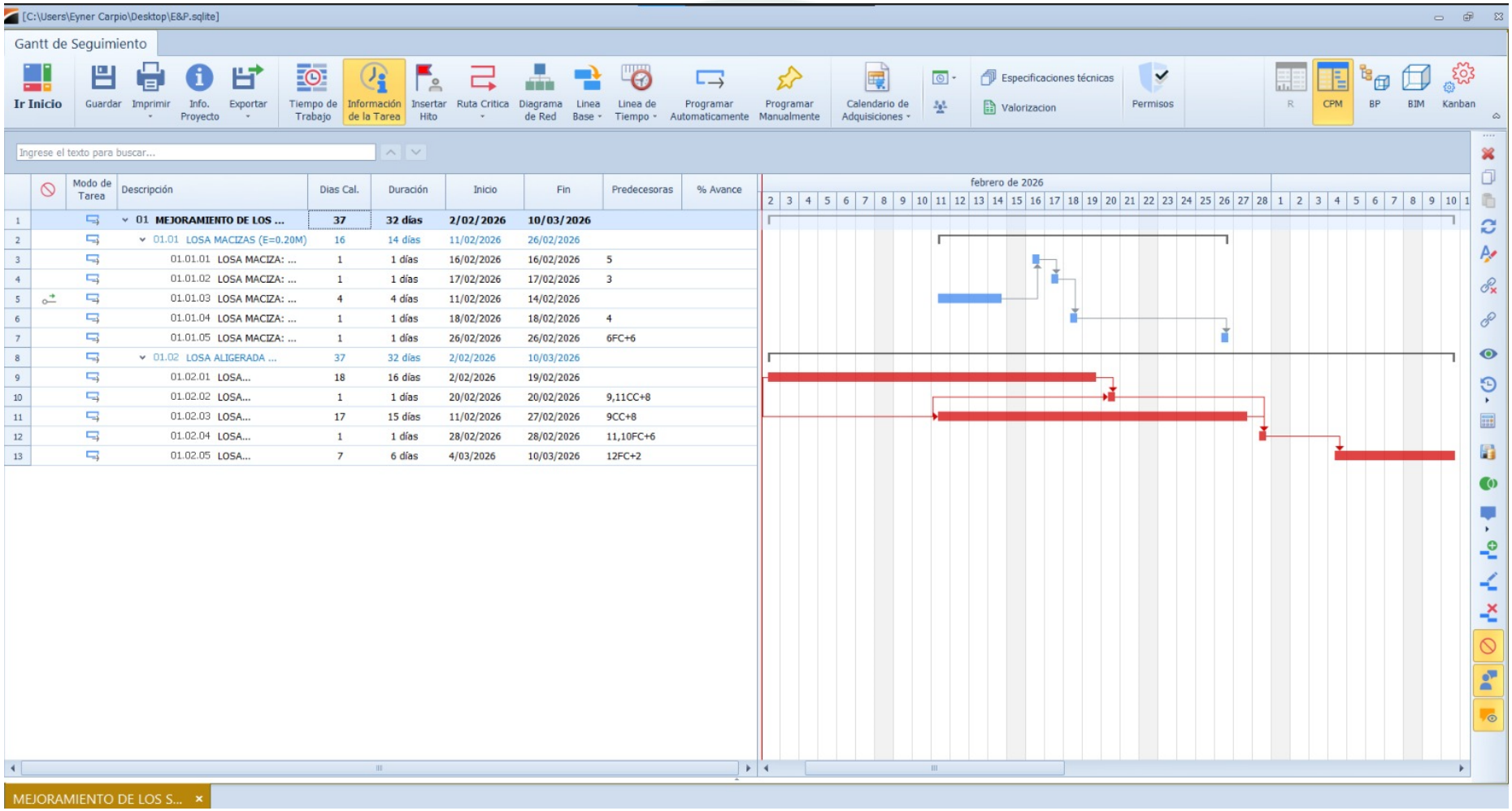


4.6.1.3.2. Cronograma por el método de prelosas.

Para la elaboración del cronograma con implementación de prelosas, se utilizaron los análisis de costos unitarios (ACU) proporcionados por la empresa BETONDECKEN, especializadas en la fabricación e instalación de este sistema constructivo. A partir de la información contenida en dichos análisis se obtuvieron los rendimientos, las cuadrillas y los tiempos de ejecución de las actividades relacionadas con la implementación de prelosas. Posteriormente, toda la información recopilada fue incorporada al software Delphin Express, el cual facilitó el cálculo del tiempo de ejecución del proyecto y la elaboración del cronograma correspondiente. El cronograma generado por el programa Delphin Express se presenta en la figura siguiente:

Figura 141

Cronograma de proyecto método de prelosas prefabricadas



En este sentido, la obtención del mismo alcance de trabajo en un menor tiempo se considera un indicador del mejor desempeño productivo del sistema constructivo en términos de tiempo de ejecución, debido a que permite completar las mismas losas del pabellón C en un periodo menor. Por ello, la comparación del tiempo de ejecución permite identificar cuál de los sistemas presenta un mejor desempeño para desarrollar el mismo alcance de trabajo.

Finalmente, ambos sistemas se comparan sobre el mismo alcance de trabajo correspondiente al pabellón C, utilizando para cada método los rendimientos y configuraciones de cuadrilla establecidos para su respectivo procedimiento constructivo. De esta manera, la diferencia de duración obtenida permite determinar cuál de los dos sistemas requiere menor tiempo para ejecutar el mismo alcance de trabajo, complementándose posteriormente con la comparación de costos.

Como se observa en los cronogramas elaborados en MS Project para el método convencional y el método de prelosas, se evidencia una diferencia de **24** días calendario entre ambos sistemas constructivos, siendo el método convencional el que presenta mayor duración.

4.6.1.3.3. Comparativa de resultados de presupuestos.

Para la comparación de precios se utilizaron las partidas de costos unitarios del expediente técnico. No obstante, tanto las partidas del expediente técnico como las partidas propuestas para las prelosas fueron actualizadas en los costos actuales de mano de obra, materiales y equipos, de modo que en ambos casos se considere la misma base de costos.

- ✓ **Presupuesto de losas aligeradas y macizas en el I.E Gran Libertador Simon Bolivar**

En las figuras siguientes se presenta el resumen de los presupuestos totales correspondientes al método constructivo convencional y al sistema con prelosas prefabricadas. Estas permiten realizar una comparación directa de los costos directos y su incidencia en el

presupuesto global del proyecto, con el objetivo de evaluar la viabilidad técnica y económica de la alternativa propuesta.

Figura 142

Presupuesto de losas aligeradas y macizas modelo convencional

Presupuesto

Proyecto	MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. GRAN LIBERTADOR SIMON BOLIVAR - JLBYR
Sub Presupuesto	**01 - INFRAESTRUCTURA**
Cliente	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO
Ubicacion	JOSE L. BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA - AREQUIPA
Costo a :	**Octubre-2025**

Item	*Descripción*	*Unidad*	*Metrado*	*Precio*	*Parcial*	*Subtotal*	*Total*
01	ESTRUCTURAS						247,349.65
01.06.05	**LOSAS ALIGERADAS**					231,278.37	
01.06.05.01	LOSA ALIGERADA: CONCRETO F'C=210KG/CM2	M3	75.56	454.61	34,350.39		
01.06.05.02	LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	797.22	69.94	55,761.80		
01.06.05.03	LOSA ALIGERADA: ACERO GRADO 60 FY=4200KG/CM	KG	6,074.86	6.36	38,650.97		
01.06.05.04	LOSA ALIGERADA:LADRILLO HUECO 15x30x30cms	UND	2,035.50	4.65	9,473.28		
01.06.05.05	LOSA ALIGERADA:LADRILLO HUECO 20x30x30cms	UND	4,928.00	4.95	24,406.29		
05.02.01.01	CIELOS RASOS CON MEZCLA	m2	797.22	86.09	68,635.64		
01.06.06	**LOSA MACIZA**					16,071.28	
01.06.06.01	LOSA MACISA: CONCRETO 210KG/CM2	M3	8.80	456.61	4,020.10		
01.06.06.02	LOSA MACISA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	45.36	66.81	3,030.59		
01.06.06.03	LOSA MACISA: ACERO GRADO 60 FY=4200KG/CM2	KG	804.00	6.36	5,115.41		
05.02.01.01	CIELOS RASOS CON MEZCLA	m2	45.36	86.09	3,905.19		
	COSTO DIRECTO						247,349.65
	UTILIDAD (8%)						19,787.97
	GASTOS GENERALES (4.697%)						14,091.51
	SUB TOTAL						281,229.13
	IGV (18%)						50,621.24
	TOTAL						**331,850.38**

Nota. Adaptado según información de expediente técnico de I.E Gran Simón Bolívar.

- ✓ **Presupuesto de losas aligeradas y macizas implementando el sistema de prefabricado (prelosas), en el I.E Gran libertador Simon Bolivar**

Figura 143

Presupuesto de losas aligeradas y macizas implementando elementos prefabricados

PRESUPUESTO DE OBRA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. GRAN LIBERTADOR SIMON BOLIVAR - JLBYR

PRESUPUESTO : ESTRUCTURAS

PROPIETARIO : Municipalidad Distrital de Jose Luis Bustamante y Rivero

UBICACION : DPTO: AREQUIPA PROV: AREQUIPA DIST: JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO

FECHA DE PROY. : 16/10/2025

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Total
01	**ESTRUCTURAS**				**176,123.02**
01.01	**LOSA MACIZAS (E=0.20M)**				**15,873.65**
01.01.01	LOSA MACIZA: APUNTALAMIENTO EN PRELOSA ALIGERADA	m²	46.73	34.11	1,593.96
01.01.02	LOSA MACIZA: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN PRELOSA MACIZA (e=0.20m)	m²	46.73	121.69	5,686.57
01.01.03	LOSA MACIZA: HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO	kg	975.54	5.89	5,745.93
01.01.04	LOSA MACIZA: CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210 kg/cm2	m³	8.84	287.72	2,543.44
01.01.05	LOSA MACIZA: SELLADO DE JUNTAS LOZA ALIGERADA	m²	46.73	6.50	303.75
01.02	**LOSA ALIGERADA (E=0.20M)**				**160,249.37**
01.02.01	LOSA ALIGERADA: APUNTALAMIENTO EN PRELOSA ALIGERADA	m²	796.60	34.11	27,172.03
01.02.02	LOSA ALIGERADA: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN PRELOSA ALIGERADA (e=0.20m)	m²	796.60	111.38	88,725.31
01.02.03	LOSA ALIGERADA: HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO	kg	3,656.03	5.89	21,534.02
01.02.04	LOSA ALIGERADA: CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210 kg/cm2	m³	61.31	287.72	17,640.11
01.02.05	LOSA ALIGERADA: SELLADO DE JUNTAS LOZA ALIGERADA	m²	796.60	6.50	5,177.90

Costo Directo		176,123.02
Gastos Generales	4.697%	8,272.50
Utilidad	8.00%	14,089.84
Parcial		198,485.36
I.G.V.	18.00%	35,727.36
TOTAL :		**234,212.72**

Nota. Elaboración propia con información del programa Delphin Express.

- Comparación de costos directos entre sistema convencional y sistema con prelosas.

Tabla 12

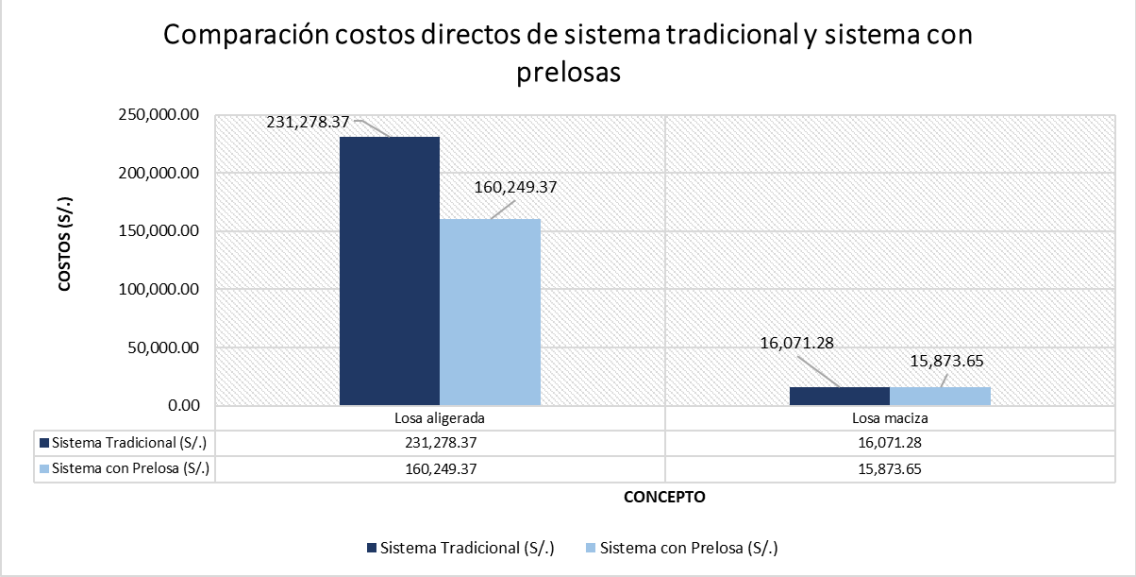
Tabla de comparación de precios de costos directos de sistema convencional y sistema con prelosas

Tipo de losa	Sistema Convencional (S/.)	Sistema con Prelosa (S/.)	Diferencia (S/.)	Variación (%)
Losa aligerada	231,278.37	160,249.37	71,029.00	30.71%
Losa maciza	16,071.28	15,873.65	197.63	1.23%

Nota. Elaboración propia.

Figura 144

Diagrama de barras comparación de costos directos



Nota. Elaboración propia.

- Variaciones de mano de obra, materiales y equipos

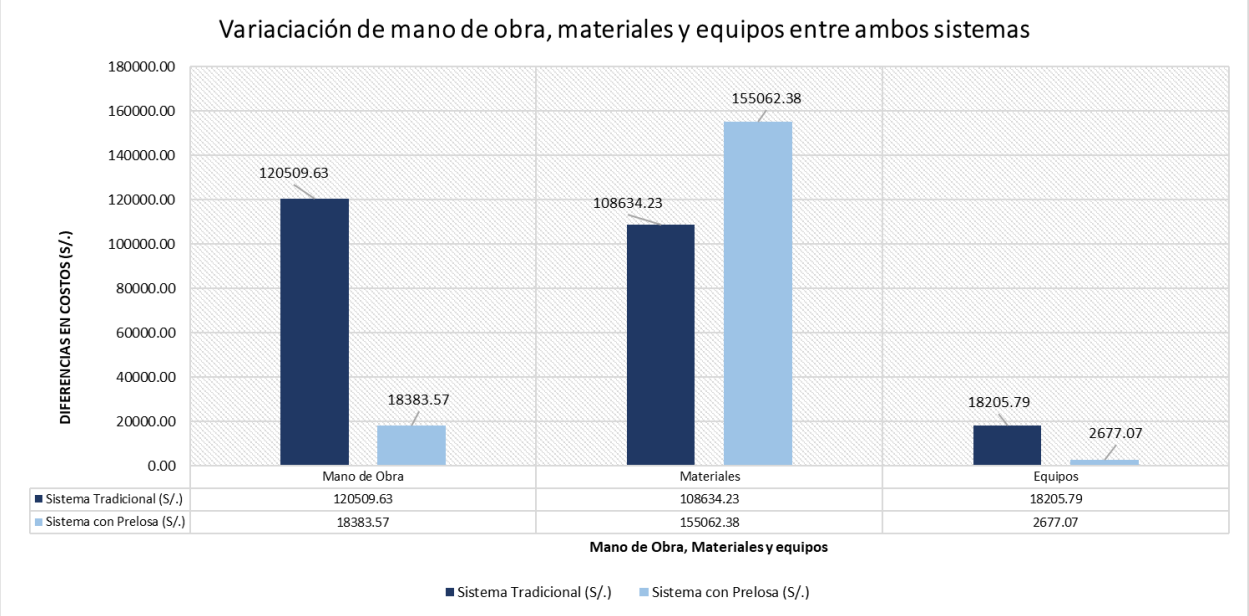
Tabla 13

Variación de mano de obra, materiales y equipos entre ambos sistemas

	Sistema Convencional (S/.)	Sistema con Prelosa (S/.)	Diferencia (S/.)	Variación (%)
Mano de Obra	120509.63	18383.57	102126.06	84.75%
Materiales	108634.23	155062.38	-46428.15	-42.74%
Equipos	18205.79	2677.07	15528.72	85.30%

Figura 145

Diagrama de barras variación de mano de obra, materiales y equipos



Nota. Elaboración propia.

- Comparación de costos directos, gastos generales, utilidad, subtotal e IGV de ambos sistemas

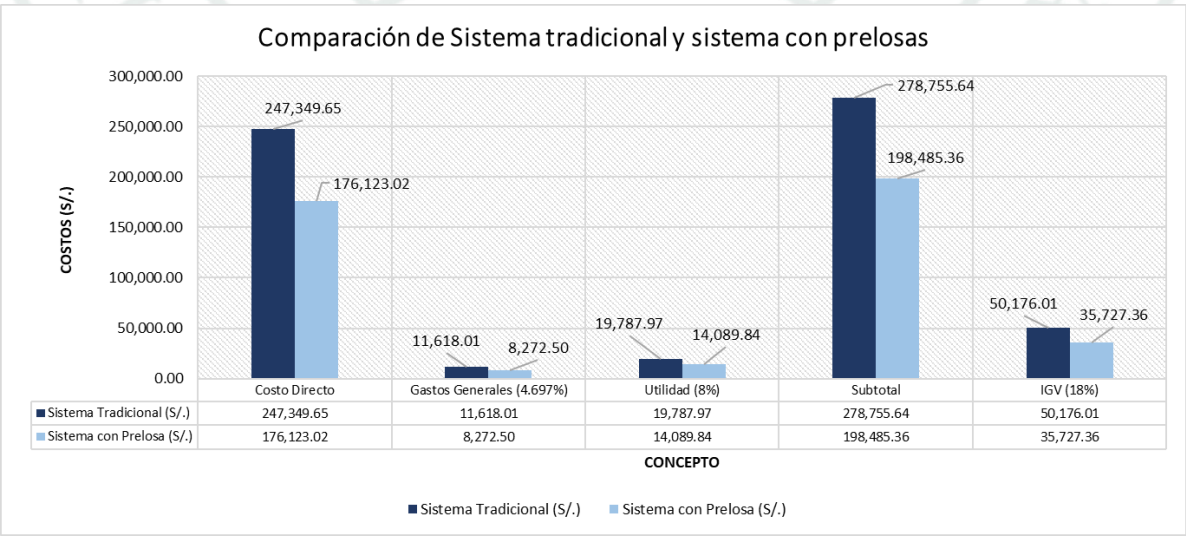
Tabla 14

Comparación de costos directos, gastos generales, utilidad, subtotal e IGV de ambos sistemas

Concepto	Sistema Convencional (S/.)	Sistema con Prelosa (S/.)	Diferencia (S/.)	Variación (%)
Costo Directo	247,349.65	176,123.02	71,226.63	29%
Gastos Generales (4.697%)	11,618.01	8,272.50	3,345.51	
Utilidad (8%)	19,787.97	14,089.84	5,698.13	
Subtotal	278,755.64	198,485.36	80,270.28	
IGV (18%)	50,176.01	35,727.36	14,448.65	
TOTAL	**328,931.65**	**234,212.72**	**94,718.92**	

Figura 146

Diagrama comparativo de barras del sistema convencional y el sistema con prelosas



Nota. Elaboración propia

Tabla 15

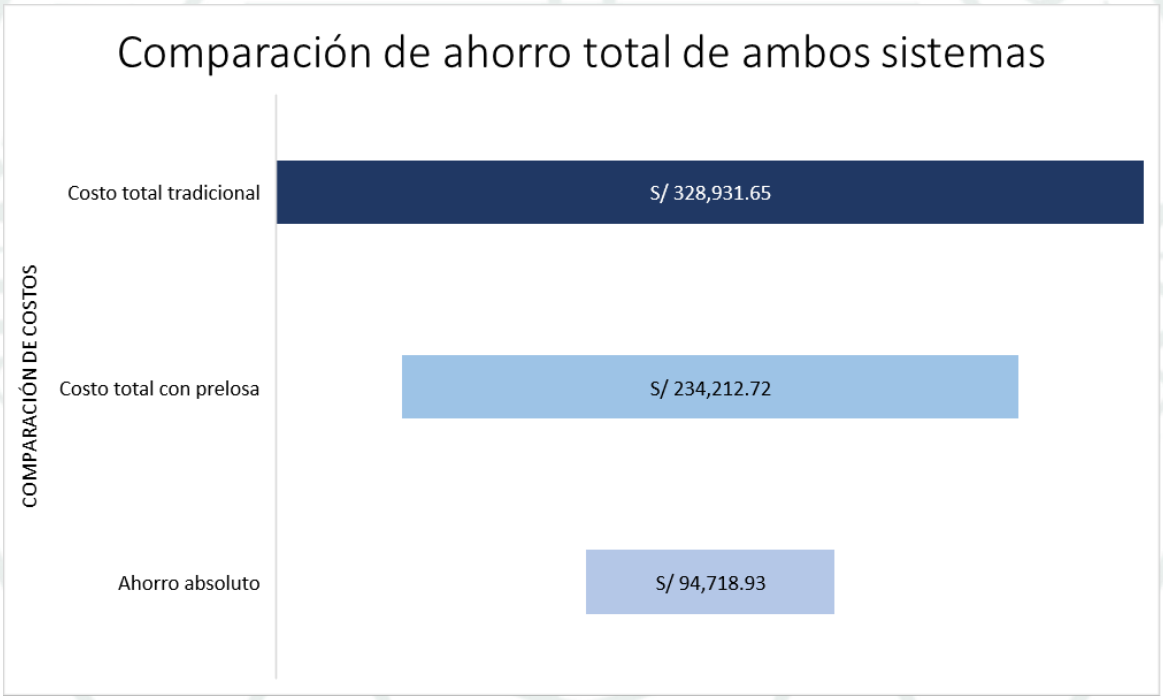
Comparación de ahorro total de sistema convencional y sistema con prelosas

Indicador	Valor
Costo total convencional	S/ 328,931.65
Costo total con prelosa	S/ 234,212.72
Ahorro absoluto	**S/ 94,718.93**
Ahorro porcentual	**29%**

Nota. Elaboración propia.

Figura 147

Diagrama comparativo de ahorro total entre ambos sistemas



Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La implementación de la metodología BIM mediante el modelado en Revit demostró ser una herramienta eficaz para evaluar el uso de prelosas prefabricadas en la Institución Educativa I.E Gran Libertador Simón Bolívar. El modelo 3D permitió identificar de manera anticipada las interferencias e incongruencias presentes en los planos del método convencional, mejorando la coordinación multidisciplinaria, detectándose un total de **11 incongruencias**, distribuidas en las siguientes especialidades: 4 de estructuras, 3 de arquitectura, 3 sanitarias y 1 eléctrica, las cuales se presentan en los tres niveles de la institución educativa. Como se detalla en el capítulo de resultados, estas inconsistencias evidencian una deficiente coordinación entre las distintas especialidades del proyecto, lo que resalta la necesidad de integrar metodologías colaborativas como BIM. En conjunto, el enfoque BIM fortaleció la toma de decisiones y permitió una planificación más eficiente y confiable de acuerdo a las condiciones del proyecto.
2. La implementación del flujo de trabajo BIM Revit–Delphin Express permitió generar metrados automáticos con un alto nivel de precisión, optimizando significativamente el proceso de elaboración del presupuesto bajo el enfoque BIM 5D. El análisis evidenció que el método convencional presentaba omisiones de elementos esenciales, generando inconsistencias en la estimación de costos. A partir del modelado BIM, fue posible validar con exactitud las cantidades de prelosas, corroborándose un total de **796 m² de prelosa aligerada**, lo cual permitió contrastar de manera directa la información con la propuesta económica del proveedor Beton Decken. En este sentido, el uso del modelado BIM no solo facilitó la identificación y ajuste de estas diferencias, sino que también incrementó la confiabilidad del presupuesto, proporcionando una base técnica más sólida y transparente para la toma de decisiones en la etapa de planificación.

3. Al emplear el sistema constructivo con prelosas prefabricadas, se evidencia una reducción en los costos directos en comparación con el método convencional, alcanzando un **30.71 %** de ahorro en las losas aligeradas y un **1.23 %** en las losas macizas. Estas diferencias se atribuyen principalmente a la optimización en el uso de materiales, la reducción de actividades ejecutadas en obra y a una mayor eficiencia del proceso constructivo, características propias del sistema de prelosas frente al método convencional.
4. El resultado del presupuesto total demuestra que la incorporación de prelosas prefabricadas representa una mejora sustancial en la gestión económica del proyecto, logrando una reducción del **29%** respecto al sistema convencional. Esta diferencia evidencia que, a escala global del presupuesto, la prefabricación permite un uso más eficiente de los recursos, al concentrar la mayor parte del valor agregado en procesos industrializados y reducir la dependencia de actividades intensivas en obra.
5. El análisis comparativo evidencia que la implementación del sistema con prelosas, integrada a una gestión **BIM 5D**, genera una optimización significativa en los costos de Mano de Obra y Equipos, compensando el incremento asociado a los Materiales prefabricados.

- **Mano de obra:** Se reduce en **84.75%**, lo que refleja una mayor productividad, menor tiempo de ejecución y la eliminación de procesos manuales gracias al montaje industrializado de las prelosas.
- **Equipos:** Presenta una disminución del **85.30%**, indicando que el sistema requiere menos horas-máquina y un uso más eficiente de equipos en obra.
- **Materiales:** Registra un incremento del **42.74%**, inherente a los elementos prefabricados, cuyo mayor costo unitario se compensa con la reducción general de recursos en obra.

6. La utilización de prelosas prefabricadas se presenta como una alternativa eficiente para su implementación en el sistema constructivo de edificaciones educativas, al permitir una optimización significativa en el proceso constructivo. En relación con el plazo de ejecución, se determinó que el sistema convencional demandó un tiempo aproximado de **61 días calendario**, mientras que el sistema con prelosas prefabricadas requirió únicamente **37 días calendario**, evidenciándose una reducción de **24 días calendario**, lo que representa una disminución aproximada del **39.3 %** en el tiempo de ejecución del proyecto con la implementación de prelosas respecto al método constructivo convencional. Este resultado confirma que el uso de prelosas, apoyado en la metodología BIM, constituye una solución técnicamente viable y competitiva frente a los sistemas constructivos convencionales, debido a la disminución de actividades en obra, la simplificación de los procesos constructivos y la mayor previsibilidad en la ejecución. En este sentido, su implementación no solo optimiza el aprovechamiento de los recursos y mejora la planificación, sino que también proporciona un mayor control durante la etapa de ejecución, consolidándose como una alternativa eficiente para proyectos de infraestructura educativa.
7. Los resultados obtenidos muestran que el uso de prelosas prefabricadas generó un ahorro del **29 % en costos** y del **39.3 % en tiempo de ejecución**, lo que permite corroborar los beneficios del empleo de sistemas prefabricados señalados por **Beton Decken** en su página oficial, donde se indica que la implementación de prefabricados puede generar ahorros de hasta un **13 % en costos** y un **30 % en tiempo**, precisando que dichos porcentajes corresponden a elementos prefabricados en general y no exclusivamente al uso de prelosas.

RECOMENDACIONES

1. Fortalecer el uso de la metodología BIM en todas las etapas del proyecto, incorporando revisiones de interferencias y sesiones de coordinación multidisciplinaria desde las fases tempranas. Esto permitirá minimizar incongruencias en planos, mejorar la comunicación entre especialidades y asegurar una representación precisa de los elementos prefabricados dentro del modelo.
2. Es aconsejable estandarizar el flujo de trabajo BIM Revit–Delphin Express para la elaboración de metrados automáticos, garantizando la trazabilidad y consistencia de las cantidades extraídas del modelo. Esta estrategia reduce significativamente el riesgo de omisiones en el presupuesto y permite validar con precisión las propuestas económicas de proveedores, fortaleciendo la toma de decisiones en la planificación.
3. Se recomienda evaluar de manera sistemática la implementación de prelosas prefabricadas en proyectos de infraestructura educativa que presenten compatibilidad estructural con sistemas de losa similares al analizado, considerando además la viabilidad logística de ejecución en obra, la disponibilidad de proveedores especializados en sistemas prefabricados y la validación económica del sistema propuesto frente a soluciones constructivas convencionales. Asimismo, su aplicación debe ser incorporada desde la etapa de diseño estructural para garantizar su adecuada integración con los criterios técnicos, normativos y de constructibilidad del proyecto.
4. Es recomendable potenciar estrategias de prefabricación que trasladen actividades de obra hacia procesos industrializados, con el fin de reducir tiempos, mano de obra y uso de equipos. Integrar estas prácticas dentro de un entorno BIM 5D permite obtener un mayor control de costos globales y mejorar la sostenibilidad económica del proyecto, aun considerando el incremento en materiales prefabricados.

5. Tal como se establece en **la conclusión N.º 7**, el presente estudio se centra únicamente en el uso de prelosas prefabricadas; no obstante, se pueden desarrollar estudios futuros que amplíen el análisis hacia la implementación de elementos prefabricados en general, como aporte de nuevas tecnologías de construcción y con el propósito de evaluar de manera más integral su impacto en la reducción de costos y tiempos de ejecución. De esta forma, se podrán complementar los resultados obtenidos y analizar el potencial de ahorro de distintos sistemas prefabricados en proyectos de edificación similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOYO Consultoría. (2023). *Alrededor de 1,7 millones de familias peruanas sin poder acceder a una vivienda digna: En busca de soluciones*. El Comercio. https://elcomercio.pe/economia/peru/alrededor-de-17-millones-de-familias-peruanas-sin-poder-acceder-a-una-vivienda-digna-en-busca-de-soluciones-mivivienda-ministerio-de-vivienda-construccion-y-saneamiento-familias-casa-propia-noticia/

Arevalo, A., & Soto, J. (2022). *Building Information Modeling (BIM) y su desarrollo en la industria de la construcción* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. https://pirhua.udep.edu.pe/item/7443a994-2f0d-4f10-a8cb-d7c246b5e3a6

Autodesk. (s.f.). *Levels of development in BIM*. https://www.autodesk.com/solutions/bim-levels-of-development

Bataglin, F., Viana, D., Formoso, C., & Bulhões, I. (2020). Model for planning and controlling the delivery and assembly of engineer-to-order prefabricated building systems: Exploring synergies between Lean and BIM. *Canadian Journal of Civil Engineering*, *47*(2), 165–177. https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0462

Beton Decken. (s.f.-a). *Procedimiento operativo de sellado de juntas entre prelosas de concreto*. https://es.scribd.com/document/493802064/BD-PO-003-PROCEDIMIENTO-OPERATIVO-SELLADO-DE-JUNTAS-REV-A-1

Beton Decken. (s.f.-b). S*istema de prelosas Betoncken – Manual Técnico*. https://es.scribd.com/document/705749010/MANUAL-BETON-DECKEN-SISTEMA-BETONDECKEN-PRELOSAS

Borja, M. (2012). *Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil*. https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

Chero, L., & Yabar, G. (2023). Vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria en relación a la COVID-19 en el distrito de Castilla-Piura 2021- 2022. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, *23*(3), 35–45. https://doi.org/10.25176/rfmh.v23i3.5619

Ciriaco, M. (2024). *Casi 2 millones de menores irán a colegios en mal estado*. El Comercio. https://elcomercio.pe/ecdata/colegios-peru-mal-estado-casi-dos-millones-menores-afectados-minedu-demolicion-escuelas-infraestructura-servicios-basicos-inoperativos-situacion-critica-rendimiento-academico-ano-escolar-2024-especdis-noticia/

Contraloría General de la República. (2022). *Contraloría detectó problemas de infraestructura, servicios básicos e Internet en instituciones educativas públicas de Arequipa*. Plataforma del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/591420-contraloria-detecto-problemas-de-infraestructura-servicios-basicos-e-internet-en-instituciones-educativas-publicas-de-arequipa

Contraloría General de la República. (2024). *Contraloría alerta retrasos en obra de colegio Bouroncle presupuestado en S/ 22 millones*. Plataforma del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/944652-contraloria-alerta-retrasos-en-obra-de-colegio-bouroncle-presupuestado-en-s-22-millones

Contraloría General de la República. (2025). *Contraloría alerta sobrecosto injustificado en obra del colegio Arequipa valorizado en S/ 91 millones*. Plataforma del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/1163591-contraloria-alerta-sobrecosto-injustificado-en-obra-del-colegio-arequipa-valorizado-en-s-91-millones

Durán, L. (2022). *Evaluación Técnica – Económica entre los Sistemas de Losa Aligerada con Vigueta Pretensada y Prelosas en la Obra Ávida San Miguel – Lima 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. https://repositorio.upla.edu.pe/item/7b1c659b-561f-466c-9097-21be03a795e9

Encalada, S. (2016). *Aplicación de la tecnología BIM en la gestión de la construcción y análisis de los beneficios del modelamiento 4D-5D (tiempo-costo) en un edificio de 9 pisos en la ciudad de Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM. https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5314

Fang, Y., Gao, S., Jiang, Y., & Li, S. (2023). BIM and lean construction in prefabricated housing construction in China. *International Journal of Lean Six Sigma*, *14*(7), 1329-1353. https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2022-0059

Flores, C., Mamani, E., & Vargas, L. (2018). *Análisis de implementación de prefabricados y el uso de herramientas modernas como el BIM y Lean Construction para viviendas destinadas al sector socioeconómico "C" en la ciudad de Juliaca* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UCSM. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626010

Guo, Z., Gao, S., & Liu, J. (2017). Application of BIM technology in prefabricated buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *81*(1), 012139. https://doi.org/10.1088/1755-1315/81/1/012139

Hancco, N. (2018). *Alumnos del colegio Simón Bolívar sin infraestructura para empezar labores*. Correo. https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/alumnos-del-colegio-simon-bolivar-sin-infraestructura-para-empezar-labores-807431/

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.

Humes. (2001). *HumeSlab system: Technical manual* (2a ed.). Smorgon Steel Group. https://es.scribd.com/doc/145190779/HumeSlab-Tech-Manual

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Situación de la población peruana*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1911/libro.pdf

Ji, Y., Qi, K., Qi, Y., Li, Y., Li, H., Lei, Z., & Liu, Y. (2020). BIM-based life-cycle environmental assessment of prefabricated buildings. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *27*(8), 1703–1725. https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0017

La República. (2022). *Arequipa: colegios que son ejecutados por municipios con retrasos y problemas de ejecución*. https://larepublica.pe/sociedad/2022/04/12/arequipa-colegios-que-son-ejecutados-por-municipios-con-retrasos-y-problemas-de-ejecucion-lrsd

Li, C., Zhong, R., Xue, F., Xu, G., Chen, K., Huang, G., & Shen, G. (2017). Integrating RFID and BIM technologies for mitigating risks and improving schedule performance of prefabricated house construction. *Journal of Cleaner Production*, *165*, 1048–1062. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.156

Li, X., Shen, G., Wu, P., & Yue, T. (2019). Integrating building information modeling and prefabrication housing production. *Automation in Construction*, *100*, 46–60. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.024

Liu, J., & Zou, Z. (2021). Application of BIM technology in prefabricated buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *787*(1), 012151. https://doi.org/10.1088/1755-1315/787/1/012151

Mamani, E. (2023). *Obras de colegios están retrasadas o abandonadas en Arequipa*. La República. https://larepublica.pe/sociedad/2023/03/20/arequipa-obras-de-colegios-estan-retrasadas-o-abandonadas-contraloria-lrsd-967040

Martínez, C. (2019). *Estructuras prediseñadas con modelación BIM para edificios industriales, utilizando elementos estándar prefabricados de hormigón y acero* [Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/174419

Mc Cubbin, R. (2024). *Más del 92% de colegios en el Perú necesita algún tipo de intervención en su infraestructura: Qué se puede hacer*. Infobae. https://www.infobae.com/peru/2024/03/09/mas-del-92-de-colegios-en-el-peru-necesita-algun-tipo-de-intervencion-en-su-infraestructura-que-se-puede-hacer-segun-expertos/

Mejía, J. (2021). *Optimización del tiempo de ejecución del centro educativo CIS Innova School Piura 2018 con el uso de prelosas y la herramienta del Last Planner* [Tesis de licenciatura, Universidad Privadad del Norte]. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/item/2b1d522e-0aa3-43b7-b66b-d47689f064c8

Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). *Plan BIM Perú*. https://www.mef.gob.pe/planbimperu/planbim_nor.html

Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM.* https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD003_2023EF6301.pdf

Mostafa, S., Kim, K., Tam, V., & Rahnamayiezekavat, P. (2020). Exploring the status, benefits, barriers and opportunities of using BIM for advancing prefabrication practice. *International Journal of Construction Management*, *20*(2), 146–156. https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484555

Optimiza Contratistas. (2020). *Impacto de los prefabricados en la productividad en obra*. https://optimizacontratistas.com/impacto-de-los-prefabricados-en-la-productividad-en-obra/

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/

Organización de las Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf

Organización Internacional de Normalización. (2018a). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles* (Norma ISO 19650-1:2018). https://cdn.standards.iteh.ai/samples/68078/122cf842f37945bcb2bdc5d3244e6788/ISO-19650-1-2018.pdf

Organización Internacional de Normalización. (2018b). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets* (Norma ISO 19650-2:2018). https://cdn.standards.iteh.ai/samples/68080/4b821896812e4aba8c5239e5c38292fe/ISO-19650-2-2018.pdf

Paredes, M. (2023). *Uso de prefabricados de concreto y su aplicación en el espacio público urbano* [Tesis de maestría, Universidad Francisco de Paula Santander]. Repositorio UFPSO. https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/20.500.14167/3340

Percca, A. (2015). *Estudio y análisis costo-beneficio de la aplicación de elementos prefabricados de concreto en el casco estructural del proyecto "Tottus Guipor"* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/623485

Pérez, L. (2024). *Más de 2.800 escolares estudian en colegios con obras que llevan más de una década paralizadas*. Convoca. https://convoca.pe/investigacion/mas-de-2800-escolares-estudian-en-colegios-con-obras-que-llevan-mas-de-una-decada

Resolución Ministerial 343-2016-VIVIENDA. (2016). *Aprobar el Sistema Constructivo No Convencional denominado "Sistema Constructivo No Convencional de Viviendas Prefabricadas PRELIMA"*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/12531-343-2016-vivienda

Resolución Ministerial 69-2018-VIVIENDA. (2018). *Aprueban el Sistema Constructivo No Convencional denominado Sistema Beton Decken presentado por la empresa Beton Decken S.A.C.* Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/11850-69-2018-vivienda

Sánchez, R. (2017). *Aplicación de la metodología BIM (Modelación de la Información en la Construcción) a un proyecto de interés social* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio del Instituto TEC. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10483

Trejo, A. (2022). *Implementación de las dimensiones 4D y 5D del BIM en un proyecto inmobiliario durante la etapa de casco estructural* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/22169

Unión de Concreteras S.A. (s.f.). *Prefabricados diseñados para losas de edificaciones multifamiliares, oficinas, estacionamientos y comercios*. https://www.unicon.com.pe/wp-content/uploads/2019/05/F.T.-CONCREMAX-PRELOSAS-PRETENSADASv2.pdf

Xiao, Y., & Bhola, J. (2022). Design and optimization of prefabricated building system based on BIM technology. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, *13*(Supl. 1), 111–120. https://doi.org/10.1007/s13198-021-01288-4

Xu, H., Chang, R., Dong, N., Zuo, J., & Webber, R. (2023). Interaction mechanism of BIM application barriers in prefabricated construction and driving strategies from stakeholders' perspectives. *Ain Shams Engineering Journal*, *14*(1), 101821. https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101821

Yang, C., Xiong, F., Hu, Q., Liu, R., & Li, S. (2023). Incentive mechanism of BIM application in prefabricated buildings based on evolutionary game analysis. *Buildings*, *13*(5), 1162. https://doi.org/10.3390/buildings13051162

Yin, R. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6a ed.). SAGE Publications.

Zhao, L., Liu, Z., & Mbachu, J. (2019). Development of intelligent prefabs using IoT technology to improve the performance of prefabricated construction projects. *Sensors*, *19*(19), 4131. https://doi.org/10.3390/s19194131

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de autorización para uso de información de expediente técnico

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO
SUB GERENCIA DE PROYECTOS DE INVERSION PÚBLICA

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

José Luis Bustamante y Rivero, 21 de noviembre del 2024

CARTA Nº 813-2024-SGPIP-GDU-MDJLBYR

Sr. Paulo Cesar Pinto Polanco
Av. Arequipa 316 – Tiabaya
Teléfono: 941445734

ASUNTO: SOBRE SOLICITUD DE AUTORIZACION PARA USO DE INFORMACION DE EXPEDIENTE TECNICO

Referencia:

- Solicitud S/N con expediente nro. 22692-2024
- Proyecto "Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. Gran Libertador Simón Bolívar, Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa, Arequipa" con CUI 238564.

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, presentándole un cordial saludo a nombre de la Municipalidad Distrital de José Luis Bustamante y Rivero y del mío propio. El motivo de la presente es para ponerle en conocimiento de su solicitud respectiva.

En atención a lo solicitado, he de informar que, siendo que el expediente técnico denominado: "Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. Gran Libertador Simón Bolívar, Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa, Arequipa" con CUI 238564; ya está concluido, se otorga la autorización para la investigación de fines académicos.

Es todo cuanto informo a su persona.

Sin otro particular, quedo de usted.

Se Notificó:
Día: 26/11/2024
Hora: 2:05 pm
NOTIFICADOR:

MUNICIPALIDAD DISTRITAL JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO
Ing. Carlos Enrique López Meneses
Sub Gerencia de Proyectos de Inversión Pública

MUNICIPALIDAD DIST. JOSÉ LUIS BUSTAMANTE – V°B° – Gerencia de Desarrollo Urbano

Código Nro. 534057

Av. Dolores S/N, José Luis Bustamante y Rivero – Arequipa – Arequipa – Perú
Central Telefónica 054 - 430700
www.munibustamante.gob.pe