



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PRELOSAS Y LAST PLANNER SYSTEM
PARA OPTIMIZAR EL COSTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y CALIDAD EN EL
EDIFICIO MULTIFAMILIAR ETREA, JESÚS MARÍA, LIMA 2023

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Marroquín Huamaní, Christian Omar

Asesor

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

Jurado

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

García Urrutia-Olavarria, Roque Jesús Leonardo

Yupari Silva, Emilio Gustavo

Lima - Perú

2025

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PRELOSAS Y LAST PLANNER SYSTEM PARA OPTIMIZAR EL COSTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y CALIDAD EN EL EDIFICIO MULTIFAMILIAR ETREA, JESÚS MARÍA, LIMA 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.betondecken.com Fuente de Internet	<1%
9	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
11	cdn.www.gob.pe	



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PRELOSAS Y LAST PLANNER SYSTEM
PARA OPTIMIZAR EL COSTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y CALIDAD EN EL
EDIFICIO MULTIFAMILIAR ETREA, JESÚS MARÍA, LIMA 2023**

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Marroquín Huamaní, Christian Omar

Asesor:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

Jurado:

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

García Urrutia-Olavarria, Roque Jesús Leonardo

Yupari Silva, Emilio Gustavo

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A mi madre Lucy, por su apoyo constante y aliento incondicional en cada paso de mi camino.

A mi abuelita Dolores y a mi padrino Miguel, por sus sabios consejos y por estar siempre presentes.

Este trabajo es para ellos y para también para mí, como reflejo del esfuerzo y la perseverancia de todos estos años de estudio.

Agradecimiento

A Dios, por ser mi guía y darme la sabiduría para no rendirme.

A la FIC de la Universidad Nacional Federico Villarreal y a sus docentes, por compartir su conocimiento y formar mi camino profesional.

Al Dr. Gerardo Cancho Zúñiga, por su paciencia, guía y exigencia que hicieron posible este logro.

Y a cada persona que dejó huella en mí, en cada etapa de mi vida: gracias por enseñarme, acompañarme y ayudarme a crecer como persona.

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Descripción y formulación del problema	15
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Problemas específicos.....	17
1.2. Antecedentes	17
1.2.1. Antecedentes nacionales	17
1.2.2. Antecedentes internacionales	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Justificación.....	21
1.4.1. Práctica	21
1.4.2. Económica	21
II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	22
2.1.1. Aspectos históricos de los sistemas de concreto prefabricado	22
2.1.2. Sistemas constructivos prefabricados	23
2.1.3. Elementos del sistema prefabricado	23
2.1.4. Proceso constructivo de un entrepiso empleando prelosas y previgas	26
2.1.5. Características de prelosas	28
2.1.6. Ventajas y aplicaciones	30
2.1.7. Calidad en prelosa.....	31
2.2. Metodología Lean Construction.....	33
2.2.1. Lean Production	33

2.2.2. Lean Construction	34
2.2.3. Last Planner	36
III. MÉTODO.....	47
3.1. Tipo de Investigación	47
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	48
3.3. Variables	49
3.3.1. Variable independiente (X)	49
3.3.2. Variables dependientes (Y)	49
3.4. Población y muestra	49
3.4.1 Población	49
3.4.2 Muestra	49
3.5. Instrumentos	49
3.6. Procedimientos	50
3.7. Análisis de datos.....	51
3.8. Consideraciones éticas	51
IV. RESULTADOS	52
4.1. Información general del proyecto	52
4.2. Sectorización	56
4.3. Evaluación técnica por tiempo de ejecución	60
4.3.1. Evaluación técnica por tiempo en el Sistema Convencional	60
4.3.2. Sistema de Prelosas.....	64
4.4. Evaluación económica del proyecto	71
4.4.1. Evaluación económica de losa aligerada/maciza con el sistema de losa convencional	71
4.4.2. Evaluación económica del Sistema Prefabricado	81
4.4.3. Análisis del Presupuesto Sótano 4 con ambos sistemas	95
4.4.4. Análisis del presupuesto piso 13 con ambos sistemas	100

4.4.5. Presupuesto total en sótanos con ambos sistemas	103
4.4.6. Presupuesto Total de la Torre Estructural	106
4.5. Análisis Last Planner:.....	109
4.5.1. Pull Planning del proyecto	109
4.5.2. Análisis del Last Planner System en el Sótano 4 con el uso del sistema prefabricado	112
4.5.3. Análisis del Last Planner System en el Piso 13 con el uso del sistema prefabricado.....	120
4.5.4. Análisis del Last Planner System en el casco estructural del proyecto ETREA: PPC y Causas de incumplimiento	130
4.6. Evaluación técnica por calidad de acabado	133
4.6.1. Calidad de acabado en losa convencional	133
4.6.2. Calidad de acabado en Prelosa	133
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	137
5.1. Optimización de plazo	137
5.2. Optimización de costos	138
5.3. Optimización de calidad	139
VI. CONCLUSIONES.....	140
VII. RECOMENDACIONES	141
VIII. REFERENCIAS.....	142
IX. ANEXOS.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Detalle de prelosa maciza Beton Decken	24
Figura 2 Detalle de prelosa aligerada Beton Decken.....	24
Figura 3 Detalles de previga Beton Decken	25
Figura 4 Colocación de previgas.....	27
Figura 5 Colocación de prelosas	28
Figura 6 Características de las prelosas	29
Figura 7 Vaciado del sector 2 - Sótano 4	31
Figura 8 Detalle de acabado liso en prelosas	32
Figura 9 Detalle de junta entre prelosas.....	33
Figura 10 Esquema del DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE	37
Figura 11 Fases de planificación del LPS	41
Figura 12 2da. Misión Tecnológica Internacional Lean Construction Perú 2023 en el proyecto ETREA	42
Figura 13 Big Room del proyecto Etrea	43
Figura 14 Modelo 3D -REVIT del casco estructural hasta el piso 13	46
Figura 15 Vista Panorámica del proyecto ETREA en el Piso 13	46
Figura 16 Esbozo espacial de la zona de estudio	48
Figura 17 Ubicación en planta del proyecto ETREA	52
Figura 18 Vista en planta del recorrido del brazo de la Torre Grúa	54
Figura 19 Plano de elevación con la Torre Grúa-Arquitectura del proyecto ETREA	55
Figura 20 Sectorización de losa en el sótano 4	58
Figura 21 Sectorización de losa en el Piso13	59
Figura 22 Procedimiento constructivo del sistema convencional en 6 sectores - Sótano 4.....	62
Figura 23 Procedimiento constructivo del sistema convencional en 4 sectores - Piso 13	63

Figura 24 Procedimiento constructivo del sistema prefabricado en 6 sectores- Sótano 4.....	68
Figura 25 Secuencia constructiva del sector 3 - sótano 4 en obra: vaciado y elementos estructurales	68
Figura 26 Procedimiento constructivo del sistema prefabricado en 4 sectores- Piso 13	69
Figura 27 Secuencia constructiva del sector 3 - piso 13 en obra: vaciado de losa y elementos estructurales	70
Figura 28 Vista panorámica de la ejecución del casco estructural en el piso 13	70
Figura 29 Cálculo de metrados para el sótano 4 con sistema convencional	72
Figura 30 Resumen de metrados para el sótano 4 con sistema convencional	73
Figura 31 Resumen de metrados para el piso 13 con sistema convencional	73
Figura 32 Resumen de metrados de materiales para lasos convencionales del sótano 4	76
Figura 33 Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el sótano 4..	76
Figura 34 Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4.....	77
Figura 35 Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4.....	77
Figura 36 Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4	78
Figura 37 Resumen de metrados de materiales para las losas convencionales del piso 13	79
Figura 38 Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el piso 13 ...	79
Figura 39 Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y sector en el piso 13.....	80
Figura 40 Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el piso 13.....	80

Figura 41 Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector en el piso 13.....	81
Figura 42 Cálculo de metrados para el sótano 4 con sistema prefabricado	82
Figura 43 Cálculo de metrados para el piso 13 con sistema convencional.....	83
Figura 44 Resumen de metrados para el piso 13 con sistema prefabricado	83
Figura 45 Resumen de metrados para el piso 13 con sistema prefabricado	84
Figura 46 Resumen de metrados de materiales para prelosas del sótano 4	86
Figura 47 Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el sótano 4 – prelosas.....	86
Figura 48 Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4.....	87
Figura 49 Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4 - prelosas.....	88
Figura 50 Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector	89
Figura 51 Resumen de metrados de materiales para prelosas del Piso 13	90
Figura 52 Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el piso 13 – prelosas.....	90
Figura 53 Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y sector en el piso 13 - prelosas	91
Figura 54 Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el piso 13 - prelosas.....	92
Figura 55 Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector piso 13-prelosas	93
Figura 56 Comparación de cantidad de personal y reducción porcentual entre sistemas convencional y prefabricado en el sótano 4	94

Figura 57 Comparación de cantidad de personal y reducción porcentual entre sistemas convencional y prefabricado en el piso 13	95
Figura 58 Presupuesto comparativo del sótano 4: sistema de prelosas vs. sistema de losas convencionales	97
Figura 59 Presupuesto comparativo del piso 13: sistema de prelosas vs. sistema de losas convencionales	102
Figura 60 Presupuesto comparativo de todo el sótano (sótano 5 al sótano 1): sistema de prelosas vs. sistema de losas convencionales	102
Figura 61 Presupuesto comparativo de toda la torre (piso 1 al piso 28 y azotea): sistema de prelosas vs. sistema de losas convencionales	108
Figura 62 Cronograma contractual referencial del proyecto mediante Pull Planning	109
Figura 63 Cronograma real del proyecto mediante Pull Planning (Last Planner System) ...	110
Figura 64 Look Ahead de elementos prefabricados en el sótano 4: registro del día 1 al día 6.....	112
Figura 65 Porcentaje del Plan Completado (PPC) Semanal - Sótano 4.....	113
Figura 66 Gráfico del PPC semanal y acumulado en la construcción del sótano 4	114
Figura 67 Registro semanal del Porcentaje del Plan Completado (PPC) en la construcción del sótano 4.....	115
Figura 68 Análisis de incumplimientos acumulados en la construcción del sótano 4 del proyecto	116
Figura 69 Distribución porcentual de las causas de incumplimiento acumulado hasta la ejecución del sótano 4	116
Figura 70 Catálogo de causas de incumplimiento en la construcción del sótano 4 del proyecto.....	118
Figura 71 Análisis de restricciones y recursos del proyecto	119

Figura 72 Look Ahead de elementos prefabricados en el piso 13: registro del día 1 al día 6	120
Figura 73 Porcentaje del Plan Completado (PPC) semanal - piso 13	121
Figura 74 Gráfico del PPC semanal y acumulado en la construcción del piso 13	122
Figura 75 Registro semanal del porcentaje del Plan Completado (PPC) en la construcción del piso 13-emana 9	123
Figura 76 Registro semanal del Porcentaje del Plan Completado (PPC) en la construcción del Piso 13 – semana 10.....	124
Figura 77 Análisis de incumplimientos acumulados en la construcción del piso 13 del proyecto.....	125
Figura 78 Distribución porcentual de las causas de incumplimiento acumulado hasta la ejecución del piso 13	126
Figura 79 Análisis de restricciones del proyecto hasta la ejecución del piso 13	128
Figura 80 Porcentaje del Plan Completado (PPC) acumulado - casco estructural	130
Figura 81 Gráfico del PPC semanal y acumulado en la construcción - casco estructural....	131
Figura 82 Análisis de incumplimientos acumulados - casco estructural	132
Figura 83 Distribución porcentual de las causas de incumplimiento acumulado - casco estructural	132
Figura 84 Registro de observaciones y no conformidades en la etapa casco estructural	134
Figura 85 Hallazgos del sistema de gestión de la calidad en la construcción del sótano 4 del proyecto	134
Figura 86 Distribución de observaciones en la etapa casco estructural.....	135
Figura 87 Distribución de No Conformidades en la Etapa Casco Estructural.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de ratios de mano de obra para el sistema convencional.....	74
Tabla 2 Resumen de ratios de mano de obra para el sistema prefabricado	85
Tabla 3 Resumen comparativo: sótano 4 (sistema de prelosas vs. sistema convencional)	99
Tabla 4 Resumen comparativo: piso 13 (sistema de prelosas vs. sistema convencional).....	101
Tabla 5 Resumen comparativo de costos y beneficios de la subestructura (sótano 5 al sótano 1): sistema de prelosas vs. sistema convencional	104
Tabla 6 Resumen comparativo de costos y beneficios de la torre (piso 1 al piso 28 y azotea): sistema de prelosas vs. sistema convencional	107
Tabla 7 Duración de ejecución del proyecto: sistema convencional vs. sistema prefabricado ...	
.....	111

RESUMEN

La construcción de edificaciones multifamiliares enfrenta actualmente desafíos significativos en los aspectos de tiempo, costo y calidad, lo que impulsa la adopción de métodos innovadores. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de implementar el sistema de prelosas y el Last Planner System (LPS) en la optimización del costo, la calidad y el plazo de ejecución del proyecto multifamiliar ETREA, ubicado en Jesús María, Lima, durante el año 2023. Se llevó a cabo un enfoque cualitativo con un diseño no experimental y transversal, utilizando un método observacional y prospectivo. El estudio comparó datos y resultados del casco estructural con el sistema convencional de losas, en concordancia con los objetivos planteados. Los resultados mostraron que el uso de los prefabricados y el LPS generó un ahorro económico del 13.94% y redujo el plazo en 18 días (10.47% respecto al tiempo en el sistema convencional). Además, con la metodología LPS, se alcanzó un Porcentaje de Cumplimiento Completado (PPC) promedio del 87% en todo el proyecto, destacando un valor de 99% durante la ejecución del sótano 4 y del 93% en el Piso 13. En cuanto a la calidad del proyecto, se concluyó que las observaciones y no conformidades respecto a las prelosas representaron solo un 4% y 7%, respectivamente. Se concluyó que la integración del sistema prefabricado y el Last Planner System optimiza la gestión de proyectos y promueve que la ejecución sea más eficiente y sostenible para edificaciones.

Palabras clave: hormigón, metodología, presupuesto, tiempo.

ABSTRACT

Multifamily building construction currently faces significant challenges in schedule, cost, and quality, necessitating innovative methods to enhance efficiency. This study evaluated the impact of implementing precast slab systems and the Last Planner System (LPS) on optimizing cost, quality, and execution time for the ETREA multifamily project in Jesús María, Lima, in 2023. A qualitative approach with a non-experimental, cross-sectional design was employed, using an observational and prospective method. Data from the structural framework were compared against conventional slab systems, aligning with the stated objectives. Results indicated that precast systems and LPS achieved a cost saving of 13.94% and reduced the schedule by 18 days (10.47% compared to the conventional system). Additionally, LPS yielded an average Planned Percent Complete (PPC) of 87%, with peaks of 99% during Basement 4 execution and 93% at Level 13. Quality-wise, precast slab-related observations and nonconformities accounted for only 4% and 7%, respectively. The integration of precast systems and LPS in the ETREA project proved to be a highly effective strategy for optimizing cost, quality, and schedule. This approach enhances project management, reduces rework, fosters sustainable construction practices, and provides a replicable model for multifamily building projects.

Keywords: concrete, methodology, budget, time.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

A nivel mundial, la productividad laboral en la construcción ha crecido en promedio solo el 1% durante las últimas dos décadas, comparado con el 2.8 % de crecimiento en la economía mundial y un 3.6 % en el caso del sector manufactura. Esta baja tasa ha implicado un aumento en los sobrecostos y retrasos en los proyectos de edificación, además de una menor eficiencia y competitividad de la industria (McKinsey y Company, 2017).

En Latinoamérica, Sanabria (2017) argumenta sobre el impacto del prefabricado en edificaciones, este elemento ha resultado ser una respuesta clave para atender las demandas de productividad en el sector construcción. Su actual crecimiento ha cobrado vital importancia debido a sus diversas aplicaciones en proyectos de edificación, su eficiencia en contextos sísmicos y su fácil integración con nuevas tecnologías.

En Perú, se ha evidenciado un incremento en el uso de sistemas de construcción con elementos prefabricados, como las prelosas y otros componentes estructurales, aunque aún siguen siendo poco comunes. En este contexto, se estima que la masificación de estos sistemas en el país apenas alcanza el 1.5 % del total de la industria, lo que contrasta significativamente con otras regiones, como Europa, donde su uso llega hasta el 10 % (Carrión et al., 2021).

El sector de la construcción en Perú ha sido un motor clave de la economía del país, mostrando un crecimiento significativo a pesar de las dificultades ocasionadas por la pandemia en 2020. Desde febrero de 2021, se registró un aumento considerable en su crecimiento interanual, impulsado principalmente por la inclusión de proyectos inmobiliarios dentro de la estrategia de reactivación económica nacional (Sociedad de Comercio Exterior del Perú [COMEX-PERÚ], 2022).

Dicho sector enfrenta desafíos significativos, como la presión por cumplir plazos y mantener costos bajos en proyectos tanto públicos como privados. Además, la falta de

tecnificación en los procesos constructivos genera desperdicio de materiales, mano de obra y retrasos en la ejecución de losas cuando se emplean métodos tradicionales. No obstante, estas dificultades también representan una oportunidad para la adopción de tecnologías innovadoras. Entre ellas, el uso de prelosas y previgas permite optimizar los procesos constructivos, tecnificarlos y agilizar la ejecución de los proyectos, lo que impacta directamente en la reducción del costo total de la obra.

La presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia del uso de prelosas y previgas en la construcción del edificio multifamiliar ETREA, el cual cuenta con 5 sótanos, 28 pisos y una azotea, en comparación con el uso de elementos convencionales. De esta manera, se busca determinar su impacto en los costos, el tiempo y la calidad durante el proceso constructivo. Para ello, el estudio se fundamenta en los principios de la filosofía Lean Construction y el Last Planner System, con el propósito de optimizar los procesos utilizados por las empresas constructoras.

La presente investigación se encuentra relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), al incorporar el uso de sistemas constructivos prefabricados, lo que mejora la productividad del sector, disminuye los desperdicios, optimiza procesos y promueve la innovación tecnológica. Asimismo, se relaciona con el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) debido a que contribuye a la mejora de procesos constructivos en entornos urbanos de alta densidad, favoreciendo la reducción del impacto ambiental y promoviendo ciudades más sostenibles (Naciones Unidas, s.f.).

1.1.1. Problema general

¿De qué manera la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System optimizará el costo, la calidad y el tiempo de ejecución del edificio multifamiliar ETREA, en el distrito de Jesús María, Lima 2023?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System reduce el costo de la ejecución del casco estructural del edificio multifamiliar ETREA?
- b) ¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System optimiza la calidad de la ejecución del casco estructural del edificio multifamiliar ETREA?
- c) ¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System optimiza el plazo de ejecución del casco estructural del edificio multifamiliar ETREA?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Carrión et al. (2021), abordaron en su estudio titulado: “Influencia del uso de sistemas prefabricados aplicados en la construcción de losas macizas de sótanos en el proyecto multifamiliar UPTOWN 2 – San Miguel”, cómo influyen los sistemas prefabricados en la ejecución del proyecto en mención, siendo sus objetivos los siguientes tres pilares específicamente: costos, plazos y calidad, en comparación con un sistema convencional.

Su investigación tiene un enfoque metodológico mixto, ya que combina datos cuantitativos y cualitativos, con un alcance descriptivo-explicativo y un diseño no experimental. Los resultados obtenidos mostraron que los prefabricados generan una optimización en el presupuesto de la obra y en la productividad de las partidas involucradas.

Saavedra (2023), llevó a cabo una investigación titulada: “Optimización del costo, plazo de obra y nivel de sostenibilidad mediante la implementación de prelosas en el edificio multifamiliar Sente”, donde desarrolló un análisis técnico y económico entre el sistema de viguetas prefabricadas y el de prelosas. Los objetivos radicaron en evaluar y analizar el plazo

de ejecución de obra, los costos y la sostenibilidad del proyecto. El estudio citado presenta un enfoque cuantitativo y corresponde un diseño experimental de tipo cuasiexperimental. Sus resultados demostraron que el sistema prefabricado permite disminuir el presupuesto general de la obra, optimizar el tiempo de ejecución y contribuir a minimizar los desechos sólidos generados.

En el estudio realizado por Miranda (2024), denominado: “Aplicación del sistema Last Planner para mejorar la planificación en la ejecución de los accesos a la infraestructura del Palacio Municipal en la localidad de Chiriaco, Imaza –Bagua, 2021” su objetivo fue analizar el efecto que tiene el Last Planner System (LPS), utilizando la herramienta del Porcentaje del Plan Completado (PPC), en la planificación de la obra. La investigación es de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, con diseño experimental y nivel descriptivo. Los resultados concluyeron que con el sistema LPS aumentó en un 20% la productividad, los costos de ejecución disminuyeron y se logró un PPC de 92.63%, lo que evidencia y confirma el efecto beneficioso de la metodología.

Según Espinoza (2021), en su estudio titulado: “Aplicación del Last Planner System para Mejorar el Cumplimiento de Plazos de Ejecución en Edificaciones – Lima”, tiene como propósito evaluar como la metodología LPS influye en que se cumpla el plazo de ejecución, en comparación con el sistema convencional. La metodología empleada fue cuantitativa y longitudinal, con un tipo de investigación aplicada, de nivel descriptivo-explicativo y con un diseño cuasiexperimental. Los resultados concluyeron que la aplicación del LPS aumenta significativamente la confiabilidad en la planificación, así como una reducción en costos y tiempos de entrega.

Acosta et al. (2023) destacan en su investigación denominada “Análisis de implementación de sistemas constructivos no convencionales con el uso de prefabricados de concreto usando prelosas y previgas para el edificio multifamiliar BH NORT”, el uso de los

prefabricados como las prelosas y las previgas, las cuales permiten optimizar procesos en el rubro de construcción para mejorar la ejecución del proyecto frente a los sistemas tradicionales. Los resultados determinaron que el sistema convencional es más costoso que el uso de los prefabricados, mientras que con las prelosas y previgas, junto con la metodología Lean Construction, permite optimizar costos y plazos, además de tener una construcción más sostenible y eficiente.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Caraguay (2018), en su estudio denominado “Losas prefabricadas de entrepiso y cubierta para viviendas de interés social utilizando la técnica del ferrocemento y prefabricación modular”, tiene como propósito disminuir los costos a través del uso de las prelosas diseñadas con técnicas de ferrocemento y prefabricación modular, siendo una solución viable para entrepisos y cubiertas de viviendas de carácter social. Su enfoque metodológico empleado fue no experimental, basado en la observación comparativa entre el prefabricado y el sistema tradicional. Entre sus hallazgos, se logró determinar los beneficios económicos al reducir ciertos procesos y recursos; por lo tanto, este tipo de construcción permite optimizar costos directos e indirectos del proyecto.

Sanabria (2017), desarrolló una investigación titulada “Análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrepiso para edificaciones de hasta 4 niveles”. Su objetivo fue analizar las ventajas y desventajas al emplear ambos sistemas constructivos en edificaciones de hasta cuatro pisos. El estudio presenta un enfoque descriptivo y analítico, en el que concluyó que, según la norma NSR-10, ambos sistemas se les puede aplicar estudios geotécnicos, diseño preliminar, evaluación de cargas sísmicas y diseño de cimentaciones. Adicional a ello, destaca que los métodos tradicionales, a pesar de los avances tecnológicos en el rubro, genera más errores

humanos y retrasos, mientras que los prefabricados resultan ser más eficientes en calidad, plazo, diseño y sostenibilidad.

Brenes (2023) en su estudio titulado “Propuesta de mejora en la planificación y control de los proyectos mediante la implementación de la metodología Last Planner para DICOMA Construcción”, tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de incorporar los principios y procedimientos del Last Planner System, para lo cual evaluó las prácticas de la empresa DICOMA en Costa Rica. Los resultados de su investigación demostraron que el método de planificación semanal ofrecido por esta metodología permite medir el desempeño del proyecto, al comparar lo inicialmente planificado con lo que se realizó, además permitir identificar las acciones correctivas, lo cual optimiza el proceso y facilita un flujo continuo de trabajo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar si la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System optimiza el costo, la calidad y el plazo de ejecución del edificio multifamiliar ETREA en el distrito de Jesús María.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar si la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System optimiza el costo de la ejecución del edificio multifamiliar ETREA en el distrito de Jesús María.
- b) Determinar si la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System optimiza la calidad de la ejecución del edificio multifamiliar ETREA en el distrito de Jesús María.
- c) Determinar si la implementación del sistema de prelosas y el Last Planner System optimiza el plazo de ejecución del edificio multifamiliar ETREA en el distrito de Jesús María.

1.4. Justificación

La justificación esencialmente responde al porqué se realiza la investigación; de esta forma, implica detallar la utilidad, los beneficios y la relevancia del resultado de la investigación para la sociedad en su conjunto, en el entorno sociográfico en el que se desarrolla y en las esferas intelectuales del país (Carrasco, 2005).

Dentro de la presente investigación se van a presentar las justificaciones en los siguientes aspectos:

1.4.1. Práctica

El uso del sistema de prelosas y previgas es una alternativa innovadora y competitiva entre las empresas nacionales y transnacionales en comparación con el sistema tradicional. Su implementación permite mejorar la confiabilidad, optimizar los recursos y la eficiencia en los plazos de ejecución de la obra, basado en una mejora continua.

1.4.2. Económica

El uso de prelosas y previgas en la construcción de edificaciones para viviendas multifamiliares representa una opción eficiente dentro del sistema de losas aligeradas. Su implementación contribuye al ahorro en mano de obra para la empresa, debido a la rápida instalación durante el proceso constructivo, lo que permite reducir la generación de desperdicios y, además, garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Aspectos históricos de los sistemas de concreto prefabricado

A lo largo de la historia, se han registrado diversos precedentes del uso de la prefabricación, con el objetivo de optimizar los procesos productivos. Uno de los primeros usos fue en Inglaterra, en el año 1851, donde se llevó a cabo la construcción del Castle House de Jhon Board, siendo considerado como el primer edificio hecho a base de bloques prefabricados de cemento Portland (López y Fernández, 2015).

En años posteriores, específicamente en 1897, se construyó el primer edificio compuesto íntegramente por elementos prefabricados de concreto, el cual fue empleado como molino de harina en Swansea (Inglaterra). Posteriormente, en el año 1900, se fabricaron en Estados Unidos las primeras losas prefabricadas de concreto armado para cubiertas (López y Fernández, 2015).

Existe un hito memorable que marcó un antes y un después en esta época. En 1928, el ingeniero civil y estructural francés Eugene Freyssinet desarrolló la primera patente de concreto pretensado, lo que permitió mejorar significativamente las propiedades mecánicas del concreto, convirtiéndose en un material activo y aumentando su resistencia a la compresión (López y Fernández, 2015).

En el contexto peruano, el empleo de elementos prefabricados data de 1950, mediante el uso de bloquetas de concreto (Parva-Domus). Durante la década de 1960, la empresa Listos S.A. introdujo plaquetas de muros y techos que fueron usadas en la construcción de la Ciudad Satélite de Ventanilla (Callao). En los años setenta, diversas empresas registraron sistemas constructivos no convencionales para su aplicación en nuestro país (Aime, 2015).

En 1997, la empresa GyM S.A. marcó un punto de inflexión en el uso de losas prefabricadas en nuestro país, al implementarla en el “Edificio Siglo XXI”. Desde entonces, esta tecnología ha sido empleada en diversos proyectos de la misma empresa y otras del rubro, consolidándose como una alternativa eficiente dentro del sector (Aime, 2015).

2.1.2. Sistemas constructivos prefabricados

Son el conjunto de elementos estructurales prefabricados de concreto, los cuales, al ser ensamblados o unidos, forman una sola estructura. Este tipo de construcción sistematizada de concreto involucra a las columnas, vigas y losas prefabricadas para crear un sistema integral prefabricado (Pérez y Soplin, 2022).

El sistema de losa prefabricada se ha implementado en Perú desde 1995 y su comercialización ha crecido considerablemente en la última década. A nivel internacional, Europa es una de las regiones donde este sistema es uno de los más utilizados, representando el 60 % de las actividades de montaje. Este sistema combina paneles de concreto prefabricado, casetones de poliestireno y un vaciado convencional realizado in situ. Entre las soluciones de prelosas, se incluyen las de entrepisos y paneles de losas prefabricadas para la construcción de puentes compuestos (Betondecken, 2018).

2.1.3. Elementos del sistema prefabricado

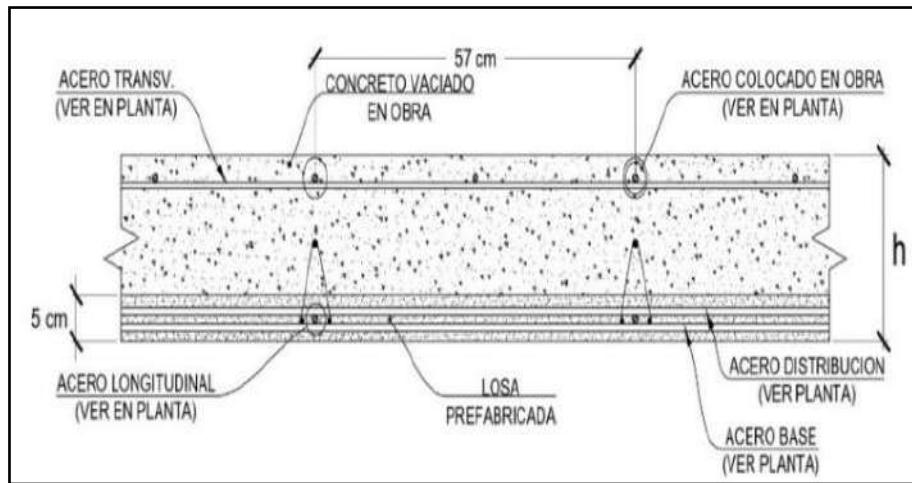
2.1.3.1. Prelosa. Las prelosas prefabricadas son componentes estructurales que sustituyen los paneles de encofrado en la construcción de techos. Luego del vaciado de concreto, se integran a las losas como la base y primera capa de estas de manera monolítica. Existen dos tipos principales de prelosas:

Las prelosas macizas (Figura 1) presentan un espesor promedio de 5 a 7 cm, mientras que las prelosas aligeradas (Figura 2), que incluyen casetones de poliestireno adheridos, cuentan con un espesor variable según las especificaciones del proyecto, dentro del cual llevan una armadura bidireccional de acero positivo embebido. El sistema incorpora tralichos, cuya

función principal es servir como punto de izaje y garantizar la unión entre el concreto nuevo y el existente (Glynn, 1981).

Figura 1

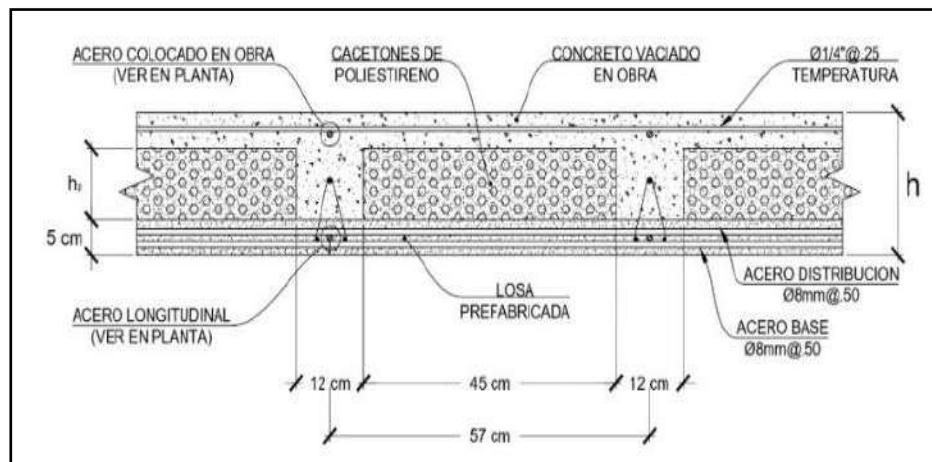
Detalle de prelosa maciza Beton Decken



Nota. Plano del proyecto.

Figura 2

Detalle de prelosa aligerada Betondecken



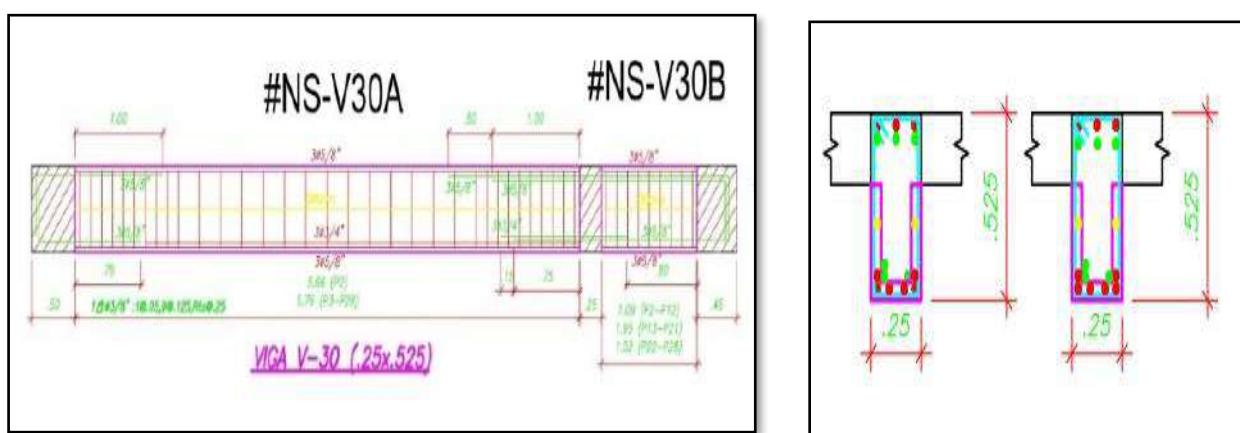
Nota. Plano del proyecto

2.1.3.2. Previga. Según Acosta et al. (2023), la previga es un elemento estructural compuesto por una sección prefabricada en un lugar diferente al de la obra y otra que se completa in situ durante el proceso constructivo. Su diseño y presentación permiten reducir el uso de encofrado, ya que no requiere la instalación de paneles en el fondo ni en los costados.

De acuerdo con la Resolución Ministerial N.^o 401-2022-VIVIENDA, se menciona que las previgas son vigas prearmadas en forma de "U" que contiene 3 caras: una base horizontal y dos caras laterales; dicho prefabricado contiene acero positivo y estribos embebidos. Los aceros negativos serán colocados posteriormente en obra (véase la Figura 3). El espesor de cada cara es de 0.05 m, el ancho mínimo de la base horizontal es de 0.15 m y puede llegar a medir una longitud máxima de 10 m. Es importante considerar que los estribos no deben presentar deformaciones ni ser doblados, ya que esto podría comprometer sus propiedades estructurales y su desempeño en la construcción.

Figura 3

Detalles de previga Betondecken



Nota. Plano del proyecto

Las ventajas del sistema con previgas son:

- Eficiencia en el apuntalamiento: Se cuenta con un ahorro del 40 % en costos de

encofrado, ya que no es necesario encofrar el fondo ni los costados de las vigas, lo que optimiza el proceso constructivo y su colocación.

- Optimización del uso de acero: Se reduce en un 38 % la cantidad de acero utilizado en obra, ya que una parte de la armadura viene embebida en la previga.
- Ahorro en el uso de concreto: El volumen de concreto que debe ser vaciado en obra disminuye en un 25 %, debido a su sección prefabricada.
- Eliminación del tarrajeo: A diferencia de las vigas convencionales, las previgas no requieren tarrajeo, ya que su acabado superficial prefabricado permite que se integre directamente a la estructura.

2.1.4. Proceso constructivo de un entrepiso empleando prelosas y previgas

De acuerdo con Calderón (2020), la construcción de una losa de entrepiso mixta que incorpora prelosas se desarrolla en 7 etapas, aplicables tanto a sistemas aligerados como macizos. Estas etapas incluyen:

- Apuntalamiento de prelosa: Inicialmente, se instalan puntales telescopicos en combinación con vigas metálicas, con el fin de proporcionar el soporte temporal necesario para el entrepiso. En el proyecto, la separación máxima utilizada para las vigas primarias fue de 1.80 m, mientras que para las vigas secundarias se consideró una distancia máxima de 1.20 m. Asimismo, la distribución de los puntales se realizó con una separación mínima de 1.20 m y una distancia máxima de 1.80 m, asegurando la estabilidad estructural durante el proceso constructivo. Dicho apuntalamiento debe ser en sentido transversal a la dirección de la prelosa.
- Colocación de previgas y prelosas: Con el apoyo de la torre grúa, junto a un sistema de cadenas y cables de estrobo flexible, se realiza el enganche e izaje de las previgas (véase la Figura 4) y prelosas desde el camión de transporte hasta su posición final, tal como se muestra en la Figura 5.

- Colocación de refuerzos: Se procede con la colocación del refuerzo de acero adicional, incluyendo la habilitación y colocación de los aceros negativos, de temperatura y el traslape entre losas según diseño.
- Habilitación de instalaciones y especialidades: Se verifica la correcta ubicación y disposición de cajas eléctricas, pases embebidos y el tendido de tuberías correspondiente a los sistemas sanitarios, eléctricos, gas y ACI.
- Vaciado de concreto y curado de losa: Se vierte el concreto sobre la estructura, asegurando su correcta distribución y compactación mediante vibrado mecánico. Posteriormente, se realiza el proceso de curado para garantizar el adecuado desarrollo de resistencia.
- Desapuntalamiento de prelosa: Una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia requerida, se procede al retiro de los puntales y vigas de soporte, los cuales pueden ser reutilizados en otros sectores de la obra.
- Sellado de juntas: Esta actividad se lleva a cabo en la etapa de albañilería y consiste en darle un correcto acabado a la cara inferior en los encuentros entre prelosas.

Figura 4

Colocación de previgas



Figura 5

Colocación de prelosas



2.1.5. Características de prelosas

Según Betondecken (2018), las prelosas presentan diversas características estructurales que influyen en su desempeño y aplicación en la construcción (véase la Figura 6). Entre las principales se encuentran:

- a) Tamaño: una prelosa es una losa de concreto prefabricada hecha en planta, con un ancho máximo de 2.48 metros y una longitud de hasta 12 metros, dimensiones establecidas para facilitar su transporte y colocación en obra.
- b) Grosor, el espesor de una prelosa varía según el tamaño del refuerzo estructural y del acabado del concreto. Generalmente se considera un grosor nominal de 50 milímetros, adecuado para múltiples aplicaciones constructivas.
- c) Refuerzo: está embebido en la prelosa y puede estar compuesto por una malla de acero, las varillas de los tralichos y barras adicionales de refuerzo, dependiendo de los requerimientos del diseño estructural.
- d) Manejo: las vigas aportan fuerza y rigidez para manipularlas y transportarlas, permiten a las prelosas resistir las cargas de construcción con un mínimo de apuntalamiento

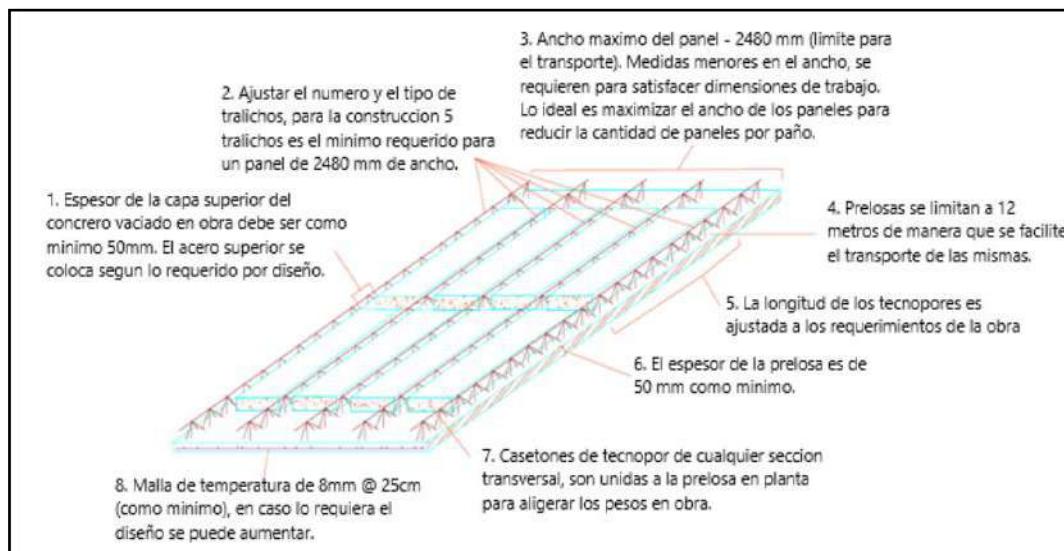
temporal.

e) Ahorro de peso: con la incorporación de bloques de poliestireno en su fabricación permiten la construcción de losas aligeradas, logrando una reducción de su propio peso de aproximadamente 40 %.

f) Flexibilidad: a diferencia de otros sistemas de prefabricado, las prelosas de Betondecken no presentan dimensiones estándar fijas, lo que permite ajustar su longitud, ancho, espesor, geometría y refuerzo estructural según los requerimientos específicos del diseño, permitiendo una flexibilidad al arquitecto y al ingeniero.

Figura 6

Características de las prelosas



Nota. De Manual Betondecken Prelosa (2018, p. 06)

2.1.6. Ventajas y aplicaciones

El sistema de prelosas ofrece una gran versatilidad y adaptabilidad, permitiendo su implementación en diversas estructuras, como desarrollos residenciales y comerciales de baja altura, estructuras altas enmarcadas de acero, cubiertas de puentes, alcantarillas y otros proyectos civiles (Betondecken, 2018).

Las prelosas presentan múltiples beneficios en términos de optimización de tiempo, costos y seguridad, destacándose los siguientes:

- a) Construcción más rápida: Con el apoyo de la grúa se puede colocar hasta 150 m² por hora, lo que reduce significativamente el tiempo de ejecución y el uso de encofrado.
- b) Reduce el uso de encofrado: A diferencia de los sistemas tradicionales, las prelosas reemplazan gran parte del encofrado convencional, ya que las mismas proveen tanto la plataforma de trabajo como parte de la losa completa.
- c) Se reduce el apoyo: El sistema de prelosa reduce la necesidad de apoyos temporales, en comparación con el encofrado tradicional, lo cual permite tener un menor confinamiento por el apuntalamiento en el piso inferior y permite un acceso más eficiente a otras actividades constructivas.
- d) Limpio y seguro: Al requerir menos partidas, se tiene una obra más ordenada, más limpia y segura. Las prelosas proveen una plataforma de trabajo estable e inmediata para el personal.
- e) Estructura más liviana: El uso de bloques de poliestireno reduce el peso propio de la losa, como se aprecia en la Figura 7.
- f) Acabado liso: Un acabado gris de clase 2 fuera de forma se logra más fácilmente, adaptable para pintar con un mínimo de preparación. No obstante, si se requiere una superficie completamente lisa, es necesario aplicar relleno en las juntas.
- g) Encofrado de balcón: Algunas configuraciones de prelosas incluyen encofrados

específicos para balcones, eliminando la necesidad de andamios y encofrados adicionales. Esto permite la instalación rápida de sistemas de encofrado temporal o permanente, con dimensiones estándar de 300 mm de alto por 150 mm de ancho.

Figura 7

Vaciado del sector 2 - Sótano 4



2.1.7. Calidad en prelosa

De acuerdo con el manual técnico de Betondecken (2018), el proceso de fabricación de las prelosas se realiza sobre camas de acero firmes, lo que permite un acabado inferior liso y uniforme. Cuando las juntas entre prelosas no se rellenan, se forma una "unión de sombra", la cual genera un contraste visual de luces y sombras entre las piezas prefabricadas. Este tipo de acabado no requiere tratamiento adicional y es ampliamente aceptado en la industria como una superficie gris de concreto, con una calidad superior a la obtenida mediante métodos convencionales de encofrado.

En situaciones donde la losa será utilizada como un techo expuesto y sea necesario pintar la superficie, se recomienda sellar la unión y aplicar una pintura texturizada directamente sobre la prelosa. En caso de que las juntas estén sometidas a movimientos diferenciales, es aconsejable el uso de morteros de reparación a base de cemento con alta adherencia para evitar fisuras (Figura 8). Si no se espera desplazamiento estructural en las uniones, se puede optar por materiales a base de yeso. Para obtener un acabado liso, se recomienda la aplicación de una capa delgada de yeso nivelador antes del revestimiento final (Figura 9).

Figura 8

Detalle de acabado liso en prelosas



Figura 9

Detalle de junta entre prelosas



Nota. De Manual Betondecken Prelosa (2018, p. 25).

2.2. Metodología Lean Construction

2.2.1. *Lean Production*

Es una metodología que se enfoca en minimizar el desperdicio y maximizar el valor entregado, con el objetivo de mejorar la eficiencia en todos los procesos que están involucrados en el desarrollo de un producto.

Esta metodología surgió en los años 50 por la compañía Toyota en Japón, fue respuesta a la necesidad producir mayor variedad de vehículos a menor costo, con una mayor calidad y con plazos de entrega más cortos. Su enfoque reduce el esfuerzo humano, el espacio, el capital y el tiempo requerido para la fabricación, logrando productos con menos defectos y alineados con las necesidades específicas del cliente, en contraste con el sistema de producción en masa (Pons, 2014).

En sus inicios, el creador de esta metodología, Taiichi Ohno, lo denominó Toyota System; posteriormente pasó a conocerse como Lean Production o producción sin pérdidas. Su objetivo es eliminar completamente los desperdicios mediante una retroalimentación continua de los procesos.

El pensamiento LEAN (Lean Thinking) impulsa la aplicación de las herramientas del Just-in-time (justo a tiempo), Total-Quality-Management (control total de la calidad) en la industria de la producción. Womack y Jones (1996) definieron cinco principios fundamentales para la implementación de esta metodología:

- Valor: Identificar y definir el valor desde la perspectiva del cliente.
- Flujo de valor: Analizar e identificar todas las actividades dentro de la cadena de producción, eliminando aquellas que no generan valor y representan desperdicio.
- Flujo: Asegurar que las actividades generadoras de valor fluyan sin interrupciones a lo largo de todo el proceso.
- Tirar la producción (Pull): Permitir que la cadena de producción dirija la producción predecesora, evitando exceso de capacidad y productos no terminados, diseñando, programando y produciendo precisamente lo que el consumidor desea, en el momento que lo necesita.
- Perfeccionamiento: Eliminar cualquier defecto que pueda tener el producto.

2.2.2. *Lean Construction*

La filosofía Lean Construction es una metodología que surge como una adaptación del Lean Production, enfocada en el sector de la construcción. Principalmente se enfoca en eliminar o minimizar los desperdicios generados en los proyectos de construcción, basada en la mejora continua y el trabajo colaborativo. Esta metodología se enfatiza en la optimización de cada fase del proceso constructivo, desde la planificación hasta la ejecución, con el propósito de acortar

plazos de entrega, disminuir costos y elevar la calidad del producto final (Miranda y Vilca, 2019).

Según Koskela (1992), la metodología Lean Construction se basa en los siguientes 11 principios fundamentales:

- a) Reducir el número de actividades que no agregan valor al proyecto.
- b) Aumentar el valor del producto que se indica en los alcances del proyecto validados por el cliente.
- c) Reducir la variabilidad del proyecto.
- d) Reducir los tiempos de ciclo.
- e) Reducir los tiempos para cada proceso.
- f) Aumentar la flexibilidad en la ejecución de cada actividad o proceso.
- g) Incrementar la transparencia de los procesos.
- h) Enfoque en el control de todo el proceso completo (global).
- i) Mejora continua.
- j) Mantener el equilibrio entre las mejoras que puedan existir en cada flujo o proceso.
- k) Benchmarking.

En base a los 11 principios mencionados anteriormente, se han diseñado herramientas que optimizan el control y gestión de los proyectos desde su fase de planificación inicial, hasta la ejecución y entrega final. Entre las herramientas más utilizadas y eficientes bajo la filosofía Lean Construction se encuentran el Last Planner System (LPS), el cual facilita la mejora del flujo de procesos y el Look Ahead Planning, que permite una planificación efectiva de los recursos de manera previa. En las próximas líneas, se analizarán a detalle estas dos herramientas, fundamentales para la gestión de proyectos y para el óptimo uso de los prefabricados, maximizando así sus ventajas en el rubro de la construcción.

2.2.3. Last Planner

El Last Planner System o Sistema del Último Planificador es una herramienta diseñada para proporcionar un sistema de planificación y control de la producción. Su objetivo es anticipar factores que puedan aumentar la variabilidad de un proyecto, reduciendo de esta forma la incertidumbre en la programación. Esta herramienta está dirigida desde gerencia o jefatura del proyecto hasta los trabajadores, denominados “los últimos planificadores”, ya que son los que ejecutan las tareas. Dicho sistema se basa en un trabajo colaborativo orientado a un objetivo común, con una programación de actividades donde se controlan las restricciones y se programan actividades ejecutables (Castro et al., 2022).

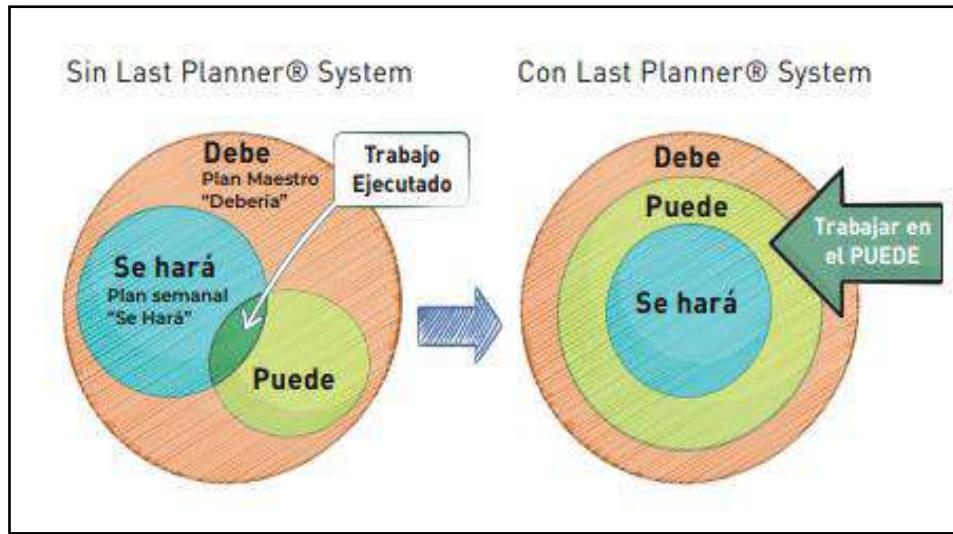
Pons Achell y Rubio (2014) describen este método como un sistema de control de producción que permite coordinar de manera efectiva la planificación y ejecución de tareas. Su enfoque integra cuatro aspectos clave: lo que debería realizarse, lo que es factible hacer, lo que se ha programado ejecutar y lo que realmente se llevó a cabo. El propósito principal de este método es garantizar un flujo de trabajo continuo y confiable, al mismo tiempo que facilita un aprendizaje ágil a lo largo del proceso. Según Alcaide y Ruiz (2021), el LPS se diferencia de los métodos convencionales en que no solo se basa en una programación (top-down), sino también tiene una visión bottom-up (de abajo hacia arriba), tomando en cuenta las contribuciones y compromisos de las personas directamente implicadas en la obra (Alcaide y Ruiz, 2021).

Es primordial que el equipo de trabajo esté comprometido con todos los procesos y colabore en levantar las restricciones que puedan surgir en la programación, asignando responsabilidades a cada miembro según su especialidad. Otra característica de este sistema es asegurar que las actividades planificadas generen frentes de trabajo, logrando un flujo constante y minimizando o eliminando los “cuello de botella” (Glenn, 2000).

Last Planner System permite una planificación de procesos con una ejecución más fluida, ya que se basa en un sistema denominado PULL en lugar de un sistema PUSH, como el tradicional. Esto facilita la generación de frentes de trabajo (Flores et al., 2018).

Figura 10

Esquema del DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE



Nota. De Lean construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System (p. 34), por J. F. Pons Achell y I. Rubio Pérez, 2019, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

En el sector de la construcción, este sistema puede ejemplificarse con el proceso de encofrado de losas. Una vez que se completa el encofrado, la cuadrilla encargada de habilitar y colocar el acero puede ingresar de inmediato. Posteriormente, cuando se coloca la primera malla, se genera el “frente de trabajo” para que la cuadrilla de instalaciones realice su labor antes del vaciado de concreto. Este enfoque mejora la eficiencia del proceso.

El Last Planner System se enfoca en añadir niveles de planificación al sistema tradicional. Primero, identifica las actividades que se deben realizar, abarcando todos los alcances del proyecto. Luego, se evalúa lo que se puede hacer, lo que implica identificar restricciones y limitaciones en los recursos necesarios. Finalmente, se determina lo que se hará,

asegurando un alto nivel de cumplimiento gracias a la eliminación previa de restricciones, como se muestra en la Figura 10.

Este sistema también permite identificar a los responsables de cada etapa y actividad del proyecto, facilitando la liberación de restricciones y comprometiendo a todas las áreas involucradas en el planeamiento. Las personas encargadas de identificar estas restricciones a corto plazo son denominadas los “últimos planificadores”; todo ello se realiza en las reuniones semanales, donde cada una de las partes involucradas participan activamente (Flores et al., 2018).

2.2.3.1. Elementos que conforman el Last Planner

a) Planificación maestra

La planificación maestra es un elemento primordial en la gestión de proyectos de construcción, que integra todas las actividades del proyecto, incluyendo estructura, arquitectura y otros aspectos clave de la obra (Glenn, 2000). Su objetivo es establecer un cronograma de alto nivel o master plan, en el que se especifiquen las duraciones generales de cada actividad hasta la finalización del proyecto. Dentro de esta planificación, se incluyen hitos de entrega que son inamovibles y deben cumplirse para garantizar el respeto a los acuerdos contractuales.

Si bien el diagrama de Gantt es una herramienta comúnmente utilizada para detallar la secuencia de actividades desde el inicio hasta la culminación del proyecto, su efectividad puede verse limitada debido a la variabilidad inherente a los proyectos de construcción. Además, factores internos y externos, como permisos, trámites administrativos y pagos, pueden afectar la programación (Orihuela, 2011).

En este sentido, la planificación maestra proporciona una visión global del proyecto y establece fechas tentativas para la culminación de entregables claves. Asimismo, permite

identificar las etapas del proyecto y definir los hitos de inicio y fin que deben cumplirse estrictamente para mantener el flujo de trabajo dentro de los plazos previstos (Glenn, 2000).

b) Planificación por fases

La planificación por fases es el segundo nivel en la implementación del Last Planner es una técnica que establece tareas esenciales para asegurar las fases de un plan. En este tipo de planificación se usa la “Técnica Pull”, la cual consiste en realizar una programación en reversa. Esto quiere decir que se va a programar de atrás (actividad final de una fase) hacia adelante (actividad inicial de una fase); esto exige que los participantes se reúnan una vez a la semana para explicar los trabajos que se realizarán, evitando así los retrasos o problemas en la producción. Para ello se recomienda usar una pizarra con post-its, donde se escriben las actividades a realizar, asignando responsabilidades y organizándolas según la secuencia de actividades. Esto va a ser de gran beneficio ya que permite evitar restricciones que puedan presentarse, calcular el tiempo necesario y tener un margen para completar las tareas dentro del periodo estipulado (Orihuela, 2011).

Los beneficios de esta programación son:

- Mejora la interrelación y el conocimiento entre el equipo de trabajo.
- Mejora el involucramiento y compromiso por parte del equipo en el proyecto.
- Identificación de restricciones para realizar actividades.
- Claridad sobre las tareas a realizar en los próximos días.

c) Planificación Look Ahead

Es el tercer nivel en la implementación del Last Planner, después del plan maestro y la planificación por fases, la cual abarca un periodo de 4 a 6 semanas por lo general. Su objetivo es programar actividades para cumplirlas dentro del tiempo estimado, dividiéndolas en asignaciones para posteriormente realizar el análisis de restricciones (Orihuela, 2011).

Los pasos a seguir son:

- Verificar que las tareas se ejecuten sin restricciones, teniendo en cuenta los cambios en el diseño, disponibilidad de materiales y progreso de los trabajadores.
- Asignar las actividades directamente al personal responsable, indicando el nivel último en la planificación.
- Revisar y analizar las restricciones para asegurar que las asignaciones sean correctas, identificando las posibles causas de no cumplimiento y verificando la información necesaria, la cantidad de recursos y el tiempo disponible para la tarea. Solo después de confirmar que las partidas están en condiciones óptimas, se procederá a asignarlas en la lista de programación.
- Mantener un conjunto de tareas denominadas “buffer” o “trabajo de reserva” por si no se puede ejecutar dicha tarea planeada debido a alguna restricción y de esta manera se conserve la eficiencia.
- Registrar los requisitos de todas las partidas analizadas y de esta forma equilibrar los trabajos asignados, considerando tanto la cantidad y capacidad de los trabajadores de obra.

Las restricciones que se deben tener en cuenta en las partidas a ejecutar son:

- Especificaciones de los detalles constructivos
- El cumplimiento de las tareas predecesoras.
- Disponibilidad de materiales, mano de obra y equipos
- Disponibilidad de espacio para realizar las actividades
- Los próximos trabajos que sean necesarios con el fin de evitar esperas

d) Planificación semanal

La planificación semanal representa la fase final del sistema Last Planner, donde se detallan las actividades de trabajo a ejecutar con mayor precisión, es decir, se analiza minuciosamente las actividades que se deben realizar en una semana, asegurándose de que estén libres de restricciones. La programación semanal generalmente es llevada a cabo por los jefes de obra, jefes de campo, administradores de obra, capataces y demás involucrados en la ejecución de los trabajos en obra (Flores et al., 2018). Estas fases de planificación del LPS se resumen en la figura 11.

Figura 11

Fases de planificación del LPS

RELACIÓN ENTRE EL DEBE-SE HARÁ-SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS		
Debería	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos.
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fechas de cada equipo/sector.
Se puede	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación.
Se hará	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período.
Se hizo	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento.

Nota. De Lean construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System (p. 35), por J. F. Pons Achell y I. Rubio Pérez, 2019, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

2.2.3.2. Big Room. El Big Room es un espacio físico donde se reúne el equipo de obra para realizar las reuniones y planificaciones necesarias. Esta herramienta de trabajo colaborativo mejora la comunicación y facilita la gestión integrada del proyecto, como se muestra en la Figura 13 (Pons y Rubio, 2019).

Figura 12

2da. Misión Tecnológica Internacional Lean Construction Perú 2023 en el proyecto ETREA



Nota. De 2da. Misión Tecnológica Internacional Lean Construction Perú 2023, por Lean Construction Institute Perú, 2023 (www.lcipero.org).

Las reuniones presenciales en el Big Room generan mejores resultados que las reuniones virtuales, ya que permiten integrar a todo el talento del equipo y fomentar soluciones creativas.

Además, el uso de tarjetas para plasmar compromisos con la planificación, así como los debates cara a cara, favorecen la toma de decisiones en beneficio de la ejecución de la obra.

A través de la gestión visual implementada en el Big Room y en conjunto con la gestión colaborativa, se optimizan los procesos en comparación con el trabajo individual en un despacho. Se estima que cada hora dedicada a una sesión de planificación colaborativa impacta positivamente en el rendimiento del proyecto, reduciendo la necesidad de reuniones individuales, retrabajos y tiempos de espera. Asimismo, el trabajo grupal facilita la toma de

decisiones, la liberación de frentes de actividades y la eliminación de restricciones (Pons y Rubio, 2019).

Figura 13

Big Room del proyecto Etrea



Durante la 2da Misión Tecnológica Internacional Lean Construction Perú 2023, se visitó el proyecto ETREA, donde se pudo observar la implementación de prácticas colaborativas como el Big Room para optimizar la gestión del proyecto (véase la Figura 12).

2.2.3.3. Mediciones de desempeño. En esta sección vamos analizar y evaluar los indicadores como el Porcentaje de actividades Completadas (PAC), las Causas de No Cumplimiento (CNC) y el análisis de restricciones, los cuales se detallan a continuación:

Un indicador clave para medir la programación semanal es el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), el cual muestra de manera porcentual las actividades realmente cumplidas con respecto a las planteadas durante la semana. Esto permite evaluar el nivel de efectividad que se tiene en la planificación semanal y también, identificar las causas de incumplimiento de las actividades con el fin de implementar medidas correctivas y preventivas (Chávez y De la Cruz, 2014).

A continuación, se muestra la fórmula que permite obtener el Porcentaje de Actividades Completadas:

$$PAC\% = \frac{n^{\circ} \text{ de actividades cumplidas}}{n^{\circ} \text{ de actividades planeadas}} * 100\%$$

En resumen, la programación semanal debe cumplir los siguientes criterios de calidad:

- Se debe contar con la información necesaria de las actividades como especificaciones, y se debe contar con los materiales necesarios a fin de poder gestionarlos.
- Las restricciones deben estar liberadas para poder iniciar.
- Las actividades deben estar debidamente secuenciadas y ordenadas de acuerdo a la prioridad.
- La cantidad de las actividades debe ser las adecuadas y consistentes para el cumplimiento de las actividades.
- Identificar las causas de incumplimiento y analizarlas a fin de tomar las medidas correctivas y preventivas.

El PPC (Porcentaje del Plan Cumplido), es un análisis de confiabilidad; no busca medir el avance sino la efectividad del sistema de programación, otro factor a tener en cuenta son las Causas de No Cumplimiento, las cuales son aquellas causas que no permitieron cumplir una tarea programada (Chávez y De la Cruz, 2014).

Los beneficios de la implementación de Last Planner System son los siguientes:

- Estabiliza la producción en obra.
- Agiliza el control de obra.
- Reducción de los tiempos no productivos.
- Mejora la eficiencia en la comunicación.
- Añade valor al proyecto.
- Reducción del costo del personal especializado en obra.
- Fomenta el valor, flujo y transformación.

2.2.3.4. Sectorización. La sectorización es un proceso que se lleva a cabo en el lugar de trabajo, para organizar la secuencia de trabajo de acuerdo al ritmo de trabajo (Chávez y De la Cruz, 2014).

Los sectores se definen de la siguiente manera:

- Se debe tener claridad sobre los alcances y plazos del proyecto.
- Conocer los metrados de cada partida.
- Analizar el área del proyecto y utilizar los ratios y rendimientos históricos.
- Definir las áreas de trabajo y comunicar a todos los involucrados, como se muestra en la Figura 14.

2.2.3.5. Tren de actividades. El tren de actividades es un sistema que organiza las actividades de trabajo de manera secuencial. Se debe tener en cuenta que esta técnica convierte a todas las actividades en ruta crítica; es decir, en caso no cumplirse una de ellas, las siguientes actividades se afectarán.

Por ello, es importante tener una adecuada sectorización que permita tener un adecuado tren de actividades con volúmenes de trabajo similares en cada sector a fin de que el flujo sea constante y no pare, como se refleja en la Figura 15 (Chávez y De la Cruz, 2014).

El tren de actividades tiene las siguientes características:

- Las actividades deben estar balanceadas.
- Todas las actividades son consideradas rutas críticas.
- Las cuadrillas deben producir la misma cantidad diariamente.
- El avance del proyecto debe ser constante.
- La cantidad de recursos necesarios cada día debe ser constante.
- Volúmenes de trabajo constantes.
- La sectorización debe ser equitativa en metrados para garantizar cantidad de trabajos similares.

- Los buffers deben incluirse en la secuencia de actividades.

Figura 14

Modelo 3D -REVIT del casco estructural hasta el piso 13



Figura 15

Vista Panorámica del proyecto ETREA en el Piso 13



III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

Según la clasificación metodológica de Lerma (2022), acorde con la intervención del investigador, **el estudio es de tipo observacional**, dado que no se manipulan las variables directamente, sino que se analizan datos reales del proyecto para evaluar el impacto del uso de prelosas y la implementación del Last Planner System en la planificación y optimización del proceso. En cuanto a la planificación de la toma de datos, **la investigación es prospectiva**, ya que los datos se recolectan con un propósito específico para este estudio, permitiendo un mayor control sobre posibles sesgos de medición.

El **diseño de investigación es no experimental y transversal**, en línea con la metodología. Se considera no experimental, ya que no se manipulan las variables, sino que se analizan datos existentes del proyecto en los que se implementaron prelosas y LPS, comparando su desempeño frente a métodos tradicionales. Es transversal, porque la recolección de datos se realiza en un único momento del tiempo, permitiendo la comparación de los dos sistemas constructivos en función de costos, tiempos y calidad (Lerma, 2022).

El nivel de la presente investigación es aplicativo, dado que busca generar información útil para la toma de decisiones en la industria de la construcción. Se pretende demostrar cómo la implementación de prelosas y la metodología Last Planner System (LPS) contribuyen a optimizar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad en la ejecución de proyectos.

Además, la presente investigación es **de carácter cualitativo**, ya que se basa en la descripción y análisis interpretativo del porcentaje de partidas cumplidas, costos y tiempo de ejecución. Estos indicadores permiten establecer una relación objetiva entre la implementación de prelosas y el LPS. Cabe señalar que el estudio no formula hipótesis, dado su enfoque cualitativo de carácter descriptivo-interpretativo. Se basa en el análisis de datos secundarios

recopilados en obra, los cuales se mencionaron anteriormente. Estos datos permiten comprender la relación entre la implementación de prelosas y el sistema Last Planner System (LPS).

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se desarrolló entre diciembre de 2022 y junio de 2023 en el Edificio Multifamiliar ETREA, que cuenta con un cuarto de bombas, cinco sótanos, 28 pisos y una azotea.

Información del proyecto

Figura 16

Esbozo espacial de la zona de estudio



Nota. Plano de ubicación del proyecto

a) Datos del terreno.

- Área del terreno: 966.55 m²
- Área techada total: 18 826.53 m²

b) Ubicación del terreno

- Departamento: Lima

- Provincia: Lima
- Distrito: Jesús María
- Avenidas: Av. Salaverry 1810, esquina con Av. San Felipe (Figura 16).

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente (X)

La implementación de prelosas y Last Planner System.

3.3.2. Variables dependientes (Y)

Optimizar del costo, plazo de ejecución y calidad de obra.

Y1: Optimización de costo

Y2: Plazo de Ejecución

Y3: Calidad

3.4. Población y muestra

3.4.1 Población

Es el conjunto de elementos cuyas características se van a analizar, es decir es el grupo al cual se va a describir y/o del cual se requiere determinar conclusiones (Salazar y Del Castillo, 2018). Se define como población el conjunto de edificaciones multifamiliares ubicadas en el distrito de Jesús María.

3.4.2 Muestra

La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico, dado que se busca cumplir objetivos específicos dentro del estudio. En este caso, la muestra corresponde al Edificio Multifamiliar ETREA, una estructura que cuenta con un cuarto de bombas. 5 sótanos, 28 pisos y azotea, ubicada en el distrito de Jesús María.

3.5. Instrumentos

Para la recolección, desarrollo y análisis de los datos, se emplearon los siguientes instrumentos y técnicas:

- Uso de las herramientas Last Planner System, que se detalla a continuación.
- Look Ahead Planning con una proyección de 3-4 semanas, complementado con el Análisis de Restricciones.
- Planificación semanal, detallando las actividades a ejecutar y calculando el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) al finalizar cada semana.
- Dimensionamiento de cuadrillas mediante el análisis de Precios Unitarios para la programación eficiente del personal.
- Documentos técnicos y registros: expedientes, fotografías de ejecución de obra y reportes de avance diario.
- Procesamiento de datos mediante software especializado, incluyendo hojas de cálculo para metrados, presupuestos y cronogramas.

3.6. Procedimientos

Para el procedimiento de este trabajo de investigación se siguió la siguiente secuencia, procedente de la empresa, entre ellos:

- Recopilación, estudio y análisis del expediente técnico del proyecto.
- Cálculo de metrados y análisis de precios unitarios de las partidas en análisis.
- Elaboración de presupuestos a nivel de costo directo.
- Elaboración del cronograma de ejecución del casco para el sistema convencional y el sistema prelosa.
- Determinación del tiempo de ejecución de obra, el nivel de calidad y el costo en ambos sistemas.
- Análisis de resultados
 - Analizar la situación actual de las ineficiencias en la programación de entrega e instalación de prelosas.
 - Conocer las causas del problema de estudio

- Reporte de causas de incumplimiento en la planificación semanal.
- Analizar el PPC semanal del proyecto.
- Identificar a los participantes clave en el proyecto de estudio.
- Elaborar un modelo de gestión de comunicación entre los involucrados en base a la filosofía Lean Construction y el Last Planner System.
- Validar la efectividad del modelo de gestión con la implementación de la filosofía Lean Construction y el Last Planner System.

3.7. Análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos, se emplearán los programas AutoCAD, Revit y Excel con el propósito de visualizar los planos del proyecto en modelado 3D, evaluar la sectorización de las losas y planificar los trenes de trabajo de acuerdo con el Look Ahead.

Se realizará el metrado de las losas aligeradas y macizas correspondientes a los sótanos y la torre de la edificación, aplicando los cálculos pertinentes mediante Microsoft Excel. Esto permitirá cumplir con los objetivos de la investigación, los cuales incluyen el análisis del presupuesto de obra, el plazo de ejecución del casco estructural y la calidad de los acabados en las losas. Además, se considerará el registro de no conformidades y la evaluación del acabado de los cielorrasos, información proporcionada por el área de Calidad.

3.8. Consideraciones éticas

Con el fin de llevar a cabo la investigación, conociendo los alcances del estudio ,el uso de datos tomados durante la ejecución del casco estructural, entre ellos información del área de producción, el área de calidad y el área de oficina técnica, se adjunta el consentimiento firmado por el residente de obra del proyecto (Anexo B) para la realización de la presente investigación y poder llegar a resultados que demuestren cómo esta tecnología puede generar ahorros económicos significativos y una notable reducción en los plazos de ejecución.

IV. RESULTADOS

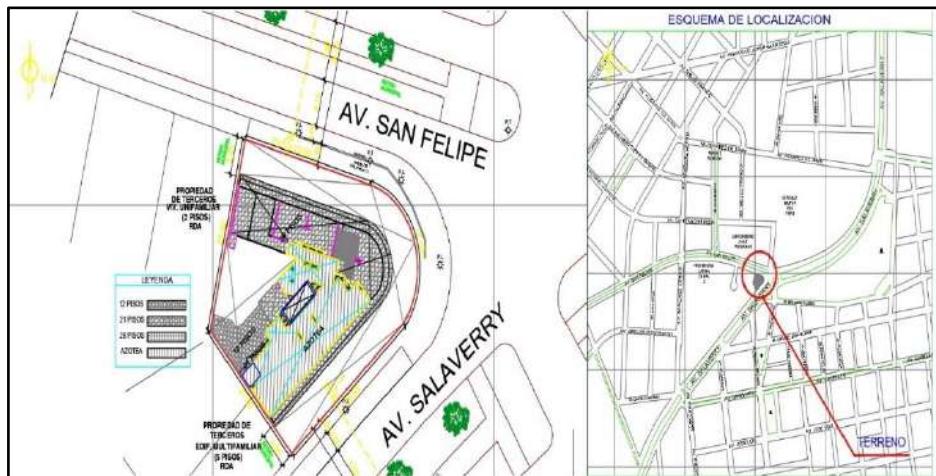
4.1. Información general del proyecto

Localización

El edificio está ubicado en la avenida Gral. Salaverry N° 1810, distrito de Jesús María 15072, provincia y departamento de Lima, específicamente está entre el cruce de la Av. San Felipe y Av. Salaverry (Figura 17), colindando con una vivienda de 2 pisos y un edificio multifamiliar de 5 pisos respectivamente por las avenidas mencionadas.

Figura 17

Ubicación en planta del proyecto ETREA



acorde a los parámetros municipales, de 5 m tanto por la Av. Salaverry como por la Av. San Felipe.

Arquitectura del proyecto

El edificio cuenta con 172 departamentos, además de 3 locales comerciales ubicados en el primer piso. Los estacionamientos proyectados son 93 estacionamientos, de los cuales 88 de ellos son para vivienda (ubicados entre el 5º sótano y 1º sótano) y 5 para comercio (ubicados entre el 1º sótano y 1º piso). Cuenta además con un área de 64.33 m² para bicicletas.

Al ser una edificación de 28 niveles, requiere de dos escaleras de evacuación con vestíbulo previo ventilado, según lo estipulado en el reglamento nacional de edificaciones RNE:

- Del piso 28 hacia el piso 1, (02) dos escaleras con vestíbulo previo ventilado.
- En los sótanos se desarrolla una escalera de evacuación hacia el nivel de ingreso.

Datos de la Torre Grúa

Para el presente proyecto se ha seleccionado una ubicación estratégica y eficiente de la torre grúa, garantizando que en cuya posición permita abarcar y abastecer con recursos necesarios a todas las áreas del edificio. De esta manera, se asegura un desempeño óptimo tanto en la etapa de casco estructural y los trabajos de acabados.

En las figuras 18 y 19 se observan la vista en planta y en elevación respectivamente, donde se destacan las siguientes características:

- Longitud de flecha 35 m.
- Longitud de contraflecha de 10.80 m.
- La carga máxima que puede cargar en cada radio de giro del carro de izaje, siendo la carga en la punta de 2,850 kg (en la máxima longitud de la flecha) y con una

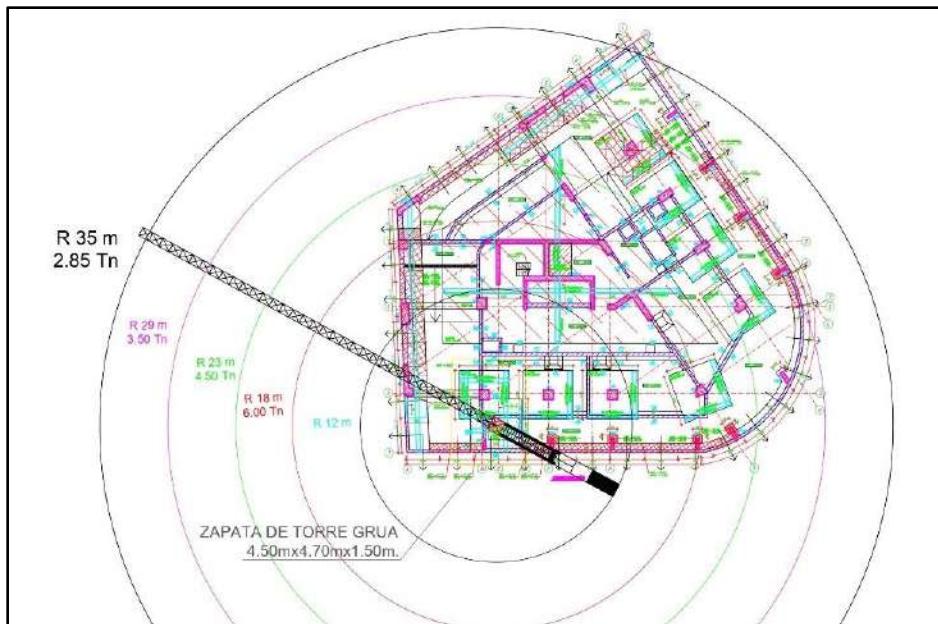
carga máxima de 6000 kg.

- La altura final de la torre grúa de 109.50 m.
- Torre grúa versión empotrada-telescopada.
- Modelo IT105-6f
- Marca IT GRUAS

Asimismo, se puede observar la distribución de los radios del carro de izaje, con sus capacidades de carga correspondientes, asegurando un manejo seguro y eficiente del mismo.

Figura 18

Vista en planta del recorrido del brazo de la Torre Grúa



Nota. Plano de torre grúa del proyecto.

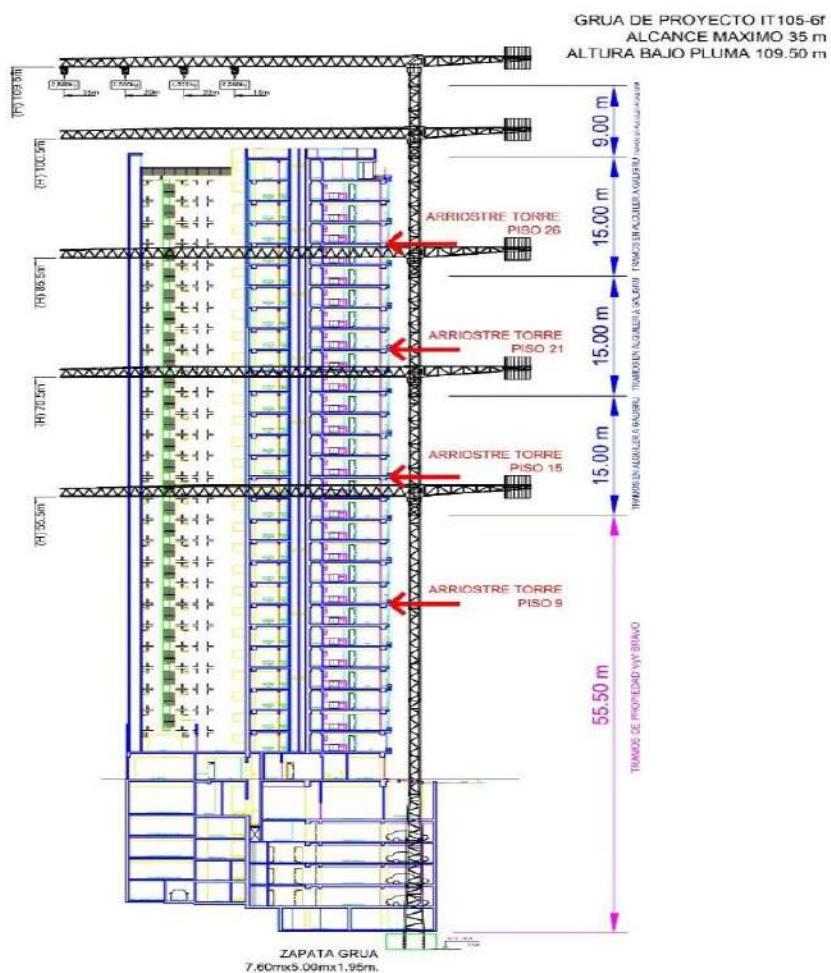
La grúa torre será operada y controlada por un operador especializado, perteneciente a la empresa contratista. Este trabajará en coordinación con dos riggers de la empresa constructora, cuyas funciones principales son las siguientes:

- Planificar, coordinar y supervisar el uso de la Torre Grúa
- Evaluar el tipo de carga a trasladar, el peso y las condiciones del espacio.

- Realizar los amarres en los puntos adecuados de la carga, utilizando los equipos de izaje apropiados y en óptimas condiciones (eslingas, grilletes, ganchos, entre otros). Además, deberá verificar que la carga no presente riesgos de caída o desplazamiento durante el trayecto
- Mantener comunicación constante, clara y precisa con el operador de la torre grúa, proporcionando indicaciones durante cada maniobra.
- Garantizar que la zona de recorrido esté despejada y libre de personas durante el traslado de la carga.

Figura 19

Plano de elevación con la Torre Grúa-Arquitectura del proyecto ETREA



Nota. Plano de Torre grúa del Proyecto

4.2. Sectorización

En el proyecto se realizó la sectorización tanto para la subestructura como de la superestructura. En los sótanos se aplicó de 6 sectores (Figura 20), mientras que en la torre se estableció lo siguiente:

- Piso 1: Distribución en cinco sectores.
- Pisos 2 al 14: Sectorización en cuatro sectores (Figura 21).
- Pisos 15 al 28, en tres sectores y la azotea en cuatro sectores.

Procedimiento para realizar la sectorización:

- Tener las áreas globales de los techos.
- Determinar el número de sectores a aplicar, considerando las restricciones del proyecto.
- Representar gráficamente la sectorización en la planta típica de estructuras, teniendo en cuenta los metrados globales de techo
- Elaborar un archivo en Microsoft Excel con los cálculos de los metrados en cada sector propuesto e iterar hasta lograr un balance adecuado en el uso de recursos.
- Una vez obtenida una sectorización equilibrada, coordinar con el ingeniero estructural para la aprobación y ejecución de los cortes de losa.
- Realizar los ajustes necesarios en función de los planos de arquitectura e instalaciones.
- Definir los metrados exactos en cada sector.
- Definir y secuenciar las actividades a realizar en cada sector.
- Dimensionar las cuadrillas de trabajo con base en los datos obtenidos, considerando los Análisis de Precios Unitarios (APU).
- Programar las actividades utilizando los trenes de trabajo planificados para la construcción del casco estructural.

Dentro de los beneficios de realizar una sectorización en un proyecto de edificación multifamiliar tenemos:

- División Efectiva del Trabajo: Al implementar un tren de actividades, es posible segmentar el trabajo en secciones o lotes pequeños, cada uno con un inicio y fin programados para el mismo día. Esto permite una ejecución más ágil y organizada de las tareas.
- Control del Avance de Obra: Facilita el monitoreo del progreso del proyecto, permitiendo prever la ubicación de las cuadrillas en un momento determinado. Esto optimiza la planificación y mejora la gestión del tiempo.
- Balance en la Distribución de Carga Laboral: Encontrar un equilibrio en la sectorización contribuye a distribuir la carga de trabajo de manera adecuada, evitando sobrecargas en determinadas áreas.
- Optimización del Uso de Recursos: La sectorización favorece un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y una rotación eficiente de los materiales; esto, a su vez, facilita el control de inventario en el sitio de construcción.
- Orden y Seguridad en el Trabajo: La organización de la obra bajo un esquema de sectorización promueve un entorno de trabajo más ordenado, lo que, en colaboración con las prácticas del área de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA), contribuye a reducir la probabilidad de accidentes laborales.

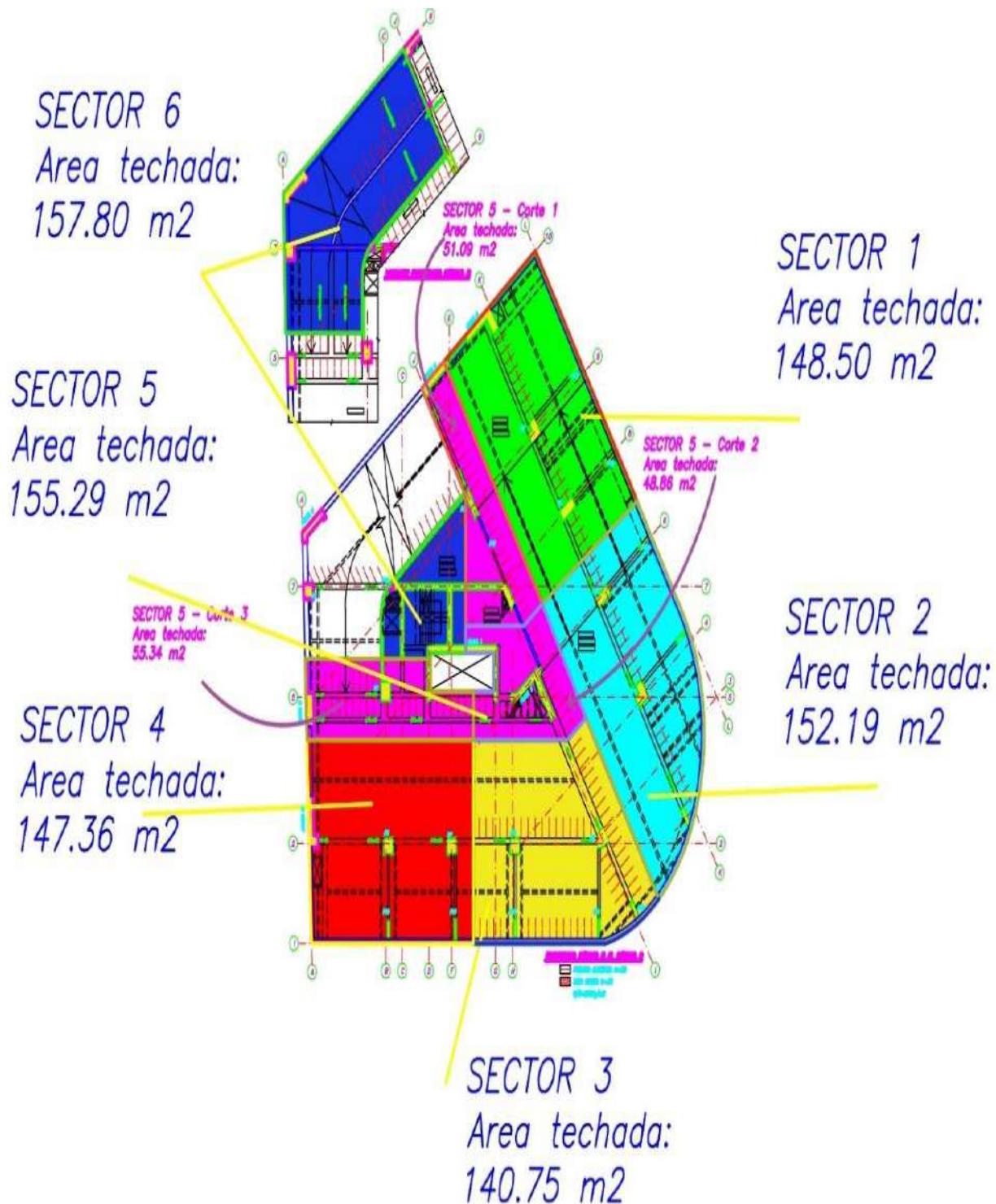
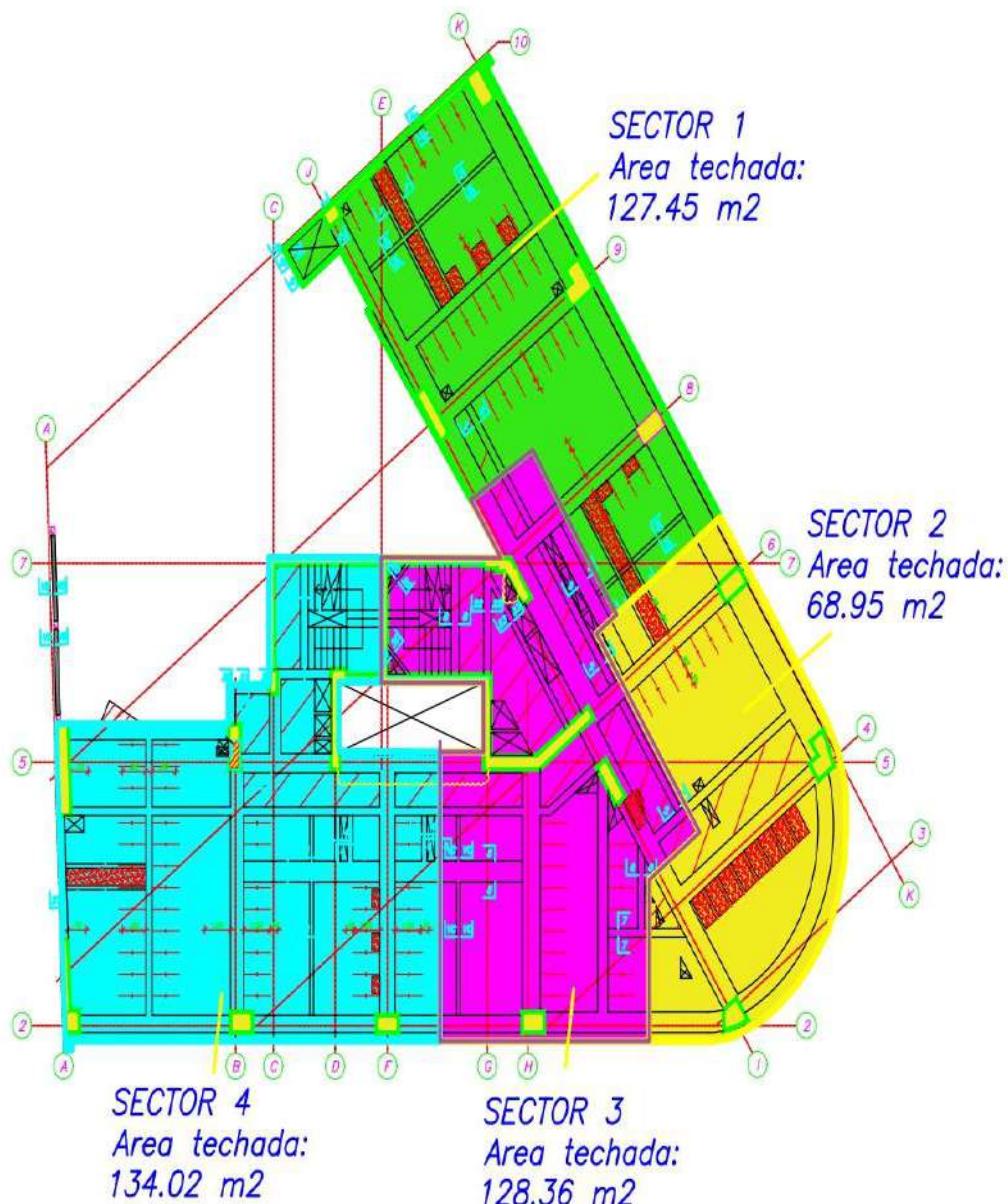
Figura 20*Sectorización de losa en el sótano 4*

Figura 21*Sectorización de losa en el Piso 13*

4.3. Evaluación técnica por tiempo de ejecución

Para el presente estudio se va a analizar el tiempo, costo y la calidad empleando los sistemas constructivos con prelosas y el convencional. El presente análisis se centrará en la subestructura (sótano 4) y la superestructura (piso 13), para lo cual se realizó una sectorización en cada nivel, respectivamente.

4.3.1. Evaluación técnica por tiempo en el Sistema Convencional

4.3.1.1. Consideraciones generales. Al comenzar, se debe calcular la cantidad de material de encofrado, entre ellos tablones de $1 \frac{1}{2}$ " de espesor por 8" de ancho mínimo, soleras de sección 2" por 4", pies derechos de sección 2" por 3", frisos de sección $1 \frac{1}{2}$ " con alturas variables respecto al espesor de la losa

4.3.1.2. Actividades a realizar. Previo al vaciado de la losa, es imprescindible completar una serie de actividades que garanticen que la estructura esté en óptimas condiciones. Estas actividades previas permiten asegurar que el proceso de vaciado de concreto se realice de manera eficiente, cumpliendo los estándares de calidad y seguridad requeridos en obra.

Día 1: Habilitación y colocación de acero en elementos verticales (columnas y placas), que cumpla con las especificaciones del plano de estructuras, entre ellas los cortes, dobleces, disposición de barras longitudinales y colocación de estribos, garantizando la estabilidad estructural y la resistencia de los componentes.

Día 2: Encofrado y vaciado de elementos verticales, asegurando que tanto las columnas como las placas cumplan con las especificaciones mencionadas en los planos estructurales; asimismo, se realizan las instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas según corresponda. Luego se procederá al vaciado de concreto de las verticales.

Día 3: Encofrado y apuntalamiento de fondo de vigas, garantizando una base sólida para contener el concreto de las vigas hasta que fragüe y alcance la resistencia necesaria estructural requerida.

Día 4: Colocación de acero de refuerzo en vigas, el cual es fundamental para la resistencia a la flexión y durabilidad de las vigas, asegurando que puedan soportar las cargas previstas.

Día 5: Encofrado de viguetas, losa aligerada/maciza y los costados de vigas, asegurando que el concreto se mantenga en la posición adecuada durante el vaciado, cumpliendo las especificaciones mencionadas en los planos.

Día 7: Colocación de ladrillos, instalaciones (II.EE, IISS, Gas, ACI) y acero de refuerzo en viguetas y losa, estas actividades son fundamentales para asegurar la resistencia, funcionalidad y durabilidad de la edificación, trabajando en conjunto.

Día 7: Vaciado de concreto en losa, se procede con el llenado, distribuyendo homogéneamente el concreto, iniciando en las vigas y continuando con la losa para garantizar una estructura monolítica. Posteriormente, se realizará el curado de concreto, lo cual es esencial para asegurar que la losa adquiera la resistencia y durabilidad necesaria.

Día 8: Desencofrado de losa y acabado final, se retiran los paneles y puntales que sostienen la losa, respetando el tiempo mínimo establecido por el ingeniero estructural para asegurar que el concreto haya adquirido la resistencia correcta. Posteriormente, se procede a corregir posibles imperfecciones en el cielorraso.

4.3.1.3. Procedimiento Constructivo del Sótano 4 bajo el Sistema Convencional.

En la secuencia constructiva del nivel de sótano 4 mediante el sistema convencional, aplicando una sectorización en seis frentes de vaciado, justificada por la magnitud del área de losa, las actividades fueron distribuidas en un horizonte de 8 días de trabajo, con el fin de mantener un flujo continuo de ejecución, según se presenta en la Figura 22.

Esta sectorización fue definida con el objetivo de estandarizar el análisis comparativo con el sistema constructivo de prelosas, permitiendo evaluar las ventajas y desventajas de ambos sistemas bajo la misma lógica de planificación.

Figura 22

Procedimiento constructivo del sistema convencional en 6 sectores- Sótano 4

Descripción Semana del Año DIA	Semana 45				Semana 46				Semana 47			
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1												
Trazo de vigas y verticales sobre losa	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6						
Acero de verticales	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6						
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2												
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales		S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6					
Encofrado de verticales		S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6					
Vaciado de concreto de verticales		S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6					
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3												
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4												
Colocación de acero de refuerzo en vigas				S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5												
Encofrado de viguetas y de losas macizas y aligeradas					S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6		
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas					S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6												
Instalación de ladrillo para techos						S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas						S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	
Acero en losa (aligerado y maciza)						S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7												
Vaciado de concreto horizontal							S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8												
Desencofrado de losas y vigas							S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

4.3.1.4. Procedimiento constructivo del Piso 13 bajo el sistema convencional. La secuencia constructiva del piso 13, desarrollada bajo el sistema convencional de losa aligerada, aplicó una sectorización en cuatro frentes de trabajo. Esta configuración responde a la necesidad de establecer una base de comparación uniforme con el sistema de prelosas, ya que

ambos niveles fueron programados utilizando la misma cantidad de sectores, lo que permitirá evaluar de manera objetiva sus ventajas y limitaciones, según se presenta en la Figura 23.

Las actividades estructurales se organizaron en un periodo de 8 días, distribuyendo las labores de encofrado, colocación de acero, instalaciones, vaciado de manera secuencial y coordinada entre sectores, garantizando la continuidad del flujo de trabajo.

Esta planificación no solo busca la eficiencia de la secuencia constructiva, sino también facilitar el análisis técnico posterior en términos de duración, costos de ejecución y calidad de acabados. El detalle del dimensionamiento de cuadrillas, así como los recursos asignados por actividad, será abordado en los siguientes apartados.

Figura 23

Procedimiento constructivo del sistema convencional en 4 sectores - Piso 13

Descripción Semana del Año	Semana 6				Semana 7				Semana 8			
	DIA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1												
Trazo de vigas y verticales sobre losa		P13S1	P13S2	P13S3	P13S4							
Aceros de verticales		P13S1	P13S2	P13S3	P13S4							
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales		P13S1	P13S2	P13S3	P13S4							
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2												
Encofrado de verticales			P13S1	P13S2	P13S3	P13S4						
Vaciado de concreto de verticales			P13S1	P13S2	P13S3	P13S4						
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3												
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas				P13S1	P13S2	P13S3	P13S4					
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4												
Colocación de acero de refuerzo en vigas					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5												
Encofrado de viguetas, losas macizas y aligeradas					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6												
Instalación de ladrillo para techos					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
Acero en losa (aligerada y maciza)					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7												
Vaciado de concreto horizontal						P13S1	P13S2	P13S3	P13S4			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8												
Desencofrado de techo							P13S1	P13S2	P13S3	P13S4		

4.3.2. Sistema de Prelosas:

4.3.2.1. Consideraciones generales. Previo al izaje y colocación de las prelosas, es fundamental considerar una serie de recomendaciones que garanticen el cumplimiento de los requisitos de seguridad y la correcta ejecución del proceso.

A continuación, se detallan los pasos a seguir:

➤ **Inspección y verificación de los equipos**

Con el fin de garantizar que los equipos estén en perfectas condiciones operativas, entre estos equipos tenemos las cadenas, las eslingas, ganchos de seguridad y cables de estrobo flexible; además, es imprescindible verificar que el grupo electrógeno cuente con el combustible necesario para su funcionamiento, garantizando así la continuidad de las actividades a realizar con la Torre Grúa.

➤ **Verificación del orden de llegada de las prelosas**

Es primordial verificar en qué orden llegan las prelosas en el camión. Se debe verificar el plano de prelosas que entrega Betondecken a la obra, dicho plano debe cumplir según la cantidad y área establecida; asimismo, los códigos representativos correctos deben estar alineados según el plano, lo cual permitirá optimizar el proceso de colocación y evitar errores durante su instalación.

➤ **Acondicionamiento de Prelosas para el Izaje**

Esta etapa incluye el retiro de rebabas y doblado de mechas en las prelosas, evitando cualquier tipo de obstrucción durante la maniobra. Otro punto a considerar es la colocación de los ganchos en los tralichos por parte de un rigger que esté en el camión, mientras en el punto de colocación este en comunicación directa con otro rigger y con el operador de la torre grúa.

El rigger tiene la responsabilidad de verificar el enganche de la carga, asegurándose de que la prelosa tenga un leve ángulo de inclinación durante el izaje. Este ángulo facilita la

colocación precisa de la prelosa en la zona de montaje. Una vez elevada, se colocan las líneas de viento, que son cuerdas o cables utilizados para guiar la carga y mantener su estabilidad.

El izaje debe ser guiado cuidadosamente hasta que la prelosa esté correctamente posicionada según las especificaciones de la obra. Durante este proceso es imprescindible mantener una constante comunicación entre el operador de la torre grúa, ambos riggers y el personal encargado de la colocación en campo.

Actividades a realizar

Día 1: Habilitación y armado de acero en elementos verticales (columnas y placas), en este caso, se utilizó el pre-armado de verticales, el cual consiste en armar en el banco de acero las placas y columnas previamente para 2 a 3 pisos. Estas se encuentran debidamente arriostradas y cumplen con las especificaciones de los planos. Luego, se procede a izarlas con la ayuda de la torre grúa, para finalmente plantarlas en la zona correspondiente.

Día 2: Encofrado y vaciado de elementos verticales, se colocan los paneles metálicos alrededor del área designada para los elementos; asimismo, se realizará la instalación de accesorios necesarios para instalaciones eléctricas, sanitarias, gas según corresponda. Una vez finalizada esta etapa, se procede al vaciado de concreto dentro de los encofrados mientras se va vibrando por capas de tal manera que se distribuya el concreto premezclado, asegurando la correcta consolidación acero-concreto. Al día siguiente, se aplica el curado para prevenir la pérdida rápida de humedad.

Día 3: Apuntalamiento de fondo de previgas y prelosa, incluye la colocación de los prefabricados, realizados a base de encofrados metálicos, se ensamblan el encofrado de tal manera que este alineado y firme según a la referencia, previamente trazada en el piso, por el topógrafo. Para el apuntalamiento se usan puntales metálicos ajustables, arriostrados en su base con trípodes distribuidos adecuadamente, de tal manera que puedan soportar la carga del

concreto. Estos elementos deben estar correctamente nivelados y arriostrados, garantizando la seguridad y la correcta ejecución. Luego con la ayuda de la torre grúa, los riggers y la cuadrilla, se colocan las previgas, sobre los apoyos previamente alineados correctamente, luego se procede a fijar estos elementos mediante amarres de acero.

Posteriormente se realiza la instalación de prelosas, de igual manera se cuenta con el mismo equipo técnico, dichos elementos van colocados en los bordes de las previgas, asegurando que encajen adecuadamente y estén alineadas según las referencias.

Día 4: Colocación de acero en prelosa, previga

En esta etapa, se coordina con los capataces para que, una vez colocadas las prelosas, se proceda con el trazo del topógrafo en la losa para ubicar los muros, así como la ubicación de instalaciones eléctricas, sanitarias, de gas y ACI. Culminado el trazo, la cuadrilla de acero entra a colocar la primera malla. Luego, entran los sanitarios, electricistas y ACI para colocar su tendido de tuberías, instalación de baterías, realizar las pruebas correspondientes y entre otras tareas. Finalmente, la cuadrilla de acero entra a colocar su segunda malla y malla de temperatura correspondiente.

Día 5: Vaciado de concreto en losa, con la ayuda de la cuadrilla de vaciado se lleva a cabo la actividad, además se procede a vibrar el concreto para eliminar las burbujas de aire y asegurar una compactación adecuada. Una vez vaciada la losa, el concreto se nivea en base a puntos referenciales indicados por el topógrafo, la cuadrilla utiliza reglas de aluminio con otras herramientas como la alisadora, frotacho, entre otros que aseguran una superficie lisa y uniforme.

Después del vaciado, se debe iniciar el proceso de curado para prevenir el agrietamiento y asegurar el desarrollo de la resistencia del concreto.

Día 6: Desencofrado de vigas y losa.

4.3.2.2. Procedimiento constructivo del sótano 4 bajo el sistema de prelosas y previgas. La secuencia constructiva del nivel de sótano 4, ejecutada bajo el presente sistema, aplicó una sectorización en 6 frentes de vaciado, similar a la utilizada en el sistema convencional. Sin embargo, en este caso, las actividades fueron programadas en un plazo de 6 días, evidenciando una mejora en la eficiencia del proceso constructivo, como se muestra en la Figura 24.

Aquí se muestra un ahorro de dos días, lo cual se debe principalmente a que el encofrado y montaje de prelosas y previgas, se realiza en una sola jornada por sector, lo que permite mantener un flujo continuo de avance y reducir las interferencias entre actividades, como se aprecia en la Figura 25, que muestra el vaciado real del sector 3 en el sótano 4.

En comparación con el sistema tradicional, el sistema prefabricado permite identificar los beneficios operativos, los cuales serán analizados más adelante en términos de rendimiento de cuadrillas, duración del proceso y consumo de recursos.

Figura 24

Procedimiento constructivo del sistema prefabricado en 6 sectores- Sótano 4

Descripción Semana del Año DIA	Semana 45				Semana 46					Semana 47	
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1											
Trazo de vigas y verticales sobre losa	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6					
Acerro de verticales	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6					
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2											
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales		S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6				
Encofrado de verticales		S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6				
Vaciado de concreto de verticales		S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3											
Aputalamiento fondo de vigas			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
Colocación de Previgas			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
Habilitacion de acero en Vigas			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
Encofrado para Prelosas (catre de puntales)			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
Colocación de Prelosa			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4											
Acerro en colocado en prelosa aligerada y maciza			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5											
Instalaciones en losa			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
Vaciado de concreto horizontal			S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6											
Desencofrado de losas y vigas					S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	

Figura 25

Secuencia constructiva del sector 3 - sótano 4 en obra: vaciado y elementos estructurales



4.3.2.3. Procedimiento Constructivo del Piso 13 bajo el Sistema de Prelosas. La planificación constructiva correspondiente al piso 13, bajo una sectorización en 4 frentes de trabajo con una duración de 6 días en la ejecución del nivel mencionado. Esta configuración fue definida para mantener criterios homogéneos de análisis frente al sistema convencional aplicado en el mismo nivel, permitiendo así una comparación objetiva entre ambos métodos constructivos, según se presenta en la Figura 26. Durante la ejecución del piso 13, el vaciado del sector 3 se ilustra en la Figura 27. El casco estructural avanzó con un flujo constante gracias a la sectorización y se refleja la edificación en la Figura 28. Más adelante, se calculará y analizará el rendimiento de cuadrillas, duración del proceso y consumo de recursos.

Figura 26

Procedimiento constructivo del sistema prefabricado en 4 sectores- Piso 13

Descripción Semana del Año DIA	Semana 8		Semana 9				Semana 10		
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1									
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4					
Acero de verticales	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4					
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2									
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales		P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
Encofrado de verticales		P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
Vaciado de concreto de verticales		P13S1	P13S2	P13S3	P13S4				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Encofrado y apuntalamiento de previgas			P13S1	P13S2	P13S3	P13S4			
Encofrado para prelosas (catre de puntales)			P13S1	P13S2	P13S3	P13S4			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Habilitacion de acero en Vigas				P13S1	P13S2	P13S3	P13S4		
Colocación de Previgas				P13S1	P13S2	P13S3	P13S4		
Colocación de Prelosa				P13S1	P13S2	P13S3	P13S4		
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas				P13S1	P13S2	P13S3	P13S4		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Acero en prelosa (aligerada y maciza)					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	
Vaciado de concreto horizontal					P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Desencofrado de losas y vigas						P13S1	P13S2	P13S3	P13S4

Figura 27

Secuencia constructiva del sector 3 - piso 13 en obra: vaciado de losa y elementos estructurales

**Figura 28**

Vista panorámica de la ejecución del casco estructural en el piso 13



4.4. Evaluación económica del proyecto

Para la evaluación económica del proyecto, se realizó un análisis de costo directo, el cual incluyó el cálculo detallado de metrados, la formulación de análisis de precios unitarios (APU) y la elaboración de un presupuesto parcial, considerando como referencia una planta típica del sótano 4 y una del piso 13.

El estudio comparativo se desarrolló a partir de dos casos de análisis: uno basado en el sistema constructivo convencional (losa aligerada y maciza), y otro empleando el sistema de prelosas y previgas.

Finalmente, se procederá a la evaluación del costo total del casco estructural, considerando ambos sistemas, con el objetivo de establecer diferencias económicas significativas, así como identificar las ventajas y desventajas de su uso, además de evaluar las partidas implicadas.

4.4.1. Evaluación económica de losa aligerada/maciza con el sistema de losa convencional

Para la evaluación económica correspondiente a la etapa estructural, se realizó el cálculo de metrados de concreto premezclado, acero corrugado, encofrado y desencofrado, así como la cantidad de ladrillos para losa y lo correspondiente para vigas.

En el caso del sótano 4, se consideraron losas aligeradas de 0.25 m de espesor, y losas macizas con espesores de 0.15 m y 0.25 m, según la forma y distribución estructural del área. Para el techo del piso 13, se contemplaron losas aligeradas de 0.20 m y losas macizas también de 0.20 m.

Una vez determinado el volumen y cantidad de materiales requeridos para ambos niveles, se procedió a consolidar los resultados en una tabla resumen de metrados, como se muestra en la figura 29.

Figura 29

Cálculo de metrados para el sótano 4 con sistema convencional

Los metrados obtenidos para el sótano 4 con el sistema convencional se organizan en

la Figura 30, la cual servirá como base para el análisis económico comparativo.

Figura 30

Resumen de metrados para el sótano 4 con sistema convencional

NIVEL	LOSAS MACIZAS Y ALIGERADAS										VIGAS				AREA PARA TARRAJEO (m ²)	
	CONCRETO LOSA		ENCOFRADO		ACERO			LADRILLOS		VIGAS			ACERO			
	LOSAS MACIZAS (m ³)	LOSAS ALIGERADAS (m ³)	NORMAL (m ²)	NORMAL (m ²)	ACERO INF (kg)	ACERO SUP (kg)	ACERO INF (kg)	ACERO SUP (kg)	(Uad)	CONCRETO (m ³)	ENCOFRADO (m ²)	BASE DE VIGAS (m ²)	ACERO (kg)	REFUERZO-COLOCADO (kg)		
SOTANO 5	11.25	74.25	58.74	742.01	586.08	427.49	6,517.28	2,849.14	6,180.94	14.43	84.97	30.03	1,237.36	1,053.69	800.75	
SOTANO 4	11.25	74.25	58.74	742.01	586.08	427.49	6,517.28	2,849.14	6,180.94	14.43	84.97	30.03	1,237.36	1,053.69	800.75	
SOTANO 3	11.25	74.25	58.74	742.01	586.08	427.49	6,517.28	2,849.14	6,180.94	14.43	84.97	30.03	1,237.36	1,053.69	800.75	
SOTANO 2	74.97	41.98	364.90	419.59	5,526.94	2,087.97	3,804.90	2,028.18	3,495.18	22.02	114.71	44.03	2,012.15	1,593.69	784.49	
SOTANO 1	141.87	-	695.12	-	9,788.03	4,927.56	-	-	-	47.76	212.82	74.51	3,770.46	3,478.17	695.12	

Continuando con el análisis del sistema convencional, se detalla en la siguiente Figura 31 los metrados obtenidos para el piso 13 correspondientes a cada partida estructural evaluada.

Figura 31

Resumen de metrados para el piso 13 con sistema convencional

NIVEL	LOSAS MACIZAS Y ALIGERADAS										VIGAS				AREA PARA TARRAJEAR (m ²)	
	CONCRETO EN LOSA			ENCOFRADO		ACERO			LADRILLOS		CONCRETO	ENCOFRADO	ACERO			
	ALEROS LOSA MACIZA (m ³)	LOSAS MACIZA (m ³)	LOSAS ALIGERADA (m ³)	LOSAS ALIGERADA (m ²)	LOSAS MACIZA NORMAL (m ²)	LOSAS MACIZA (kg)	ALEROS LOSA MACIZA (kg)	LOSAS ALIGERADA (kg)	LOSAS ALIGERADA (m ²)	ACERO INFERIOR (kg)	ACERO SUPERIOR (kg)	(Uad)	INFERIOR (m ²)	SUPERIOR (m ²)	TOTAL (kg)	
	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m ²)	(kg)	(kg)	(kg)	(Uad)	(kg)	(kg)	(m ³)	(m ²)	(m ²)	(kg)	
PISO 13	3.78	10.24	20.65	235.94	51.20	369.01	369.61	770.36	1,154.74	1,965.34	52.24	216.36	5429.44	4,463.34	9,892.78	302.27

4.4.1.1. Elaboración de los análisis de precios unitarios para el sistema convencional. A continuación, como se muestra en la Tabla 1, se presentan las partidas principales, sus costos unitarios y las ratios de mano de obra (horas-hombre por unidad), correspondientes a actividades relacionados con sistema convencional. Estos datos reflejan los requerimientos de recursos y el rendimiento típico en proyectos realizados bajo este sistema, los cuales se van a utilizar para el dimensionamiento de cuadrillas y la elaboración del presupuesto a nivel de costo directo en el sistema convencional.

Tabla 1

Resumen de ratios de mano de obra para el sistema convencional

Partida	Unidad	Precio por	Ratio
		unidad(S/)	(hh/unidad)
Concreto premezclado, cemento tipo I, losas y vigas, $f_c=245 \text{ kg/cm}^2$	m3	350.75	1.600
Encofrado y desencofrado normal para losas macizas	m2	57.05	1.330
Encofrado y desencofrado normal para losas aligeradas	m2	53.96	1.330
Encofrado y desencofrado normal para vigas y cortes	m2	4.15	0.0457
Acero Fy=4200 kg/cm ²	kg	67.70	1.860
Ladrillo hueco de arcilla para techo 20x30x30	und	3.53	0.348
Ladrillo hueco de arcilla para techo 15x30x30	und	3.40	0.0348
Tarajeo de cielorraso	m2	33.42	1.277

4.4.1.2. Cálculo del dimensionamiento de cuadrillas y horas-hombre. Para la evaluación del dimensionamiento de cuadrillas y el cálculo de horas-hombre en el sistema convencional, se ha desarrollado una metodología estructurada basada en los principios del Last Planner System y en los Análisis de Precios Unitarios (APU).

El proceso se inicia con la elaboración de un cuadro resumen de metrados, diferenciando las partidas principales correspondientes a losa maciza y aligerada. A continuación, se presenta la sectorización por niveles (sótano 4 y piso 13), junto con los metrados específicos por sector, lo que permite estimar la cantidad de trabajo que debe realizarse en cada frente.

Con base en los APU desarrollados, se han calculado las ratios de productividad (HH/m^2 , HH/m^3 , entre otros) para cada partida. Estas ratios permitieron calcular las horas-hombre totales requeridas por sector, tanto para actividades de encofrado, colocación de acero, instalaciones de diversas especialidades y vaciado de concreto de losas.

Posteriormente, se procedió a definir la cantidad de personal necesaria por sector, distribuyéndola de manera equilibrada, de modo que se mantenga una carga de trabajo constante y homogénea entre sectores. Esta decisión responde a los principios del flujo continuo de trabajo que promueve la metodología Lean Construction, permitiendo minimizar los tiempos improductivos, las interrupciones entre partidas y mejorar la confiabilidad de los compromisos semanales.

A continuación, se presentan los cuadros de análisis y dimensionamiento de cuadrillas correspondientes al sótano 4 y al piso 13, ejecutados con el sistema convencional, como se detalla en las siguientes figuras:

a) Análisis para el sótano 4

Para el sótano 4, se calcularon los metrados de materiales para las losas convencionales (véase Figura 32) con una distribución en 6 sectores en su ejecución, como se presenta en la

Figura 33. Se observa que predomina el uso de losa aligerada sobre la losa maciza, lo cual influye directamente en el volumen de concreto, acero y encofrado requerido. La sectorización se realizó en base a criterios de magnitud del área, acceso y secuencia constructiva, con el fin de facilitar un flujo continuo y controlado.

Figura 32

Resumen de metrados de materiales para lasas convencionales del sótano 4

SOTANO 4						
LOSAS CONVENCIONALES	ACERO INFERIOR(kg)	ACERO SUPERIOR(kg)	ENCOFRADO(m2)	CONCRETO (m3)	LADRILLOS (Und)	
LOSA MACIZA	586.08	427.49	58.74	11.25	-	
LOSA ALIGERADA	6,517.28	2,849.14	742.01	74.25	6,180.94	
Total	7,103.36	3,276.62	800.75	85.50	6,180.94	
VIGAS	1,237.36	1,053.69	84.97	14.43	-	

Figura 33

Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el sótano 4

METRADO	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	56.647	1.86	9.327	9.559	8.840	9.256	9.754	9.911
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	2291.050	0.0457	377.231	386.605	357.544	374.335	394.480	400.856
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Encofrado de viguetas y de lasas macizas y aligeradas	m2	800.750	1.33	131.847	135.123	124.966	130.835	137.875	140.104
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	28.323	1.86	4.664	4.779	4.420	4.628	4.877	4.956
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Instalación de ladrillo para techos	Und	6180.940	0.0348	1,017.718	1,043.007	964.605	1,009.905	1,064.252	1,081.454
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	10379.980	0.0457	1,709.108	1,751.576	1,619.912	1,695.987	1,787.255	1,816.143
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7									
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	m3	99.930	1.6	16.454	16.863	15.595	16.328	17.206	17.484
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8									
Desencofrado de losas	m2	800.750	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

En esta sección, a partir de los metrados calculados por sector y utilizando las ratios obtenidas de los APUs, se calcularon las horas hombre por actividad, como se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4

HORAS HOMBRE	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	56.647	1.86	17.35	17.78	16.44	17.22	18.14	18.43
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	2291.050	0.0457	17.24	17.67	16.34	17.11	18.03	18.32
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Encofrado de viguetas y de losas macizas y aligeradas	m2	800.750	1.33	175.36	179.71	166.20	174.01	183.37	186.34
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	28.323	1.86	8.67	8.89	8.22	8.61	9.07	9.22
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Instalación de ladrillo para techos	Und	6180.940	0.0348	35.42	36.30	33.57	35.14	37.04	37.63
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	10379.698	0.0457	78.11	80.05	74.03	77.51	81.68	83.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7									
Vaciado de concreto horizontal	m3	99.930	1.6	26.33	26.98	24.95	26.12	27.53	27.97
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8									
Desencofrado de losas	m2	800.750	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

Figura 35

Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	56.647	1.86	2.17	2.22	2.06	2.15	2.27	2.30
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	2291.050	0.0457	2.15	2.21	2.04	2.14	2.25	2.29
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Encofrado de viguetas y de losas macizas y aligeradas	m2	800.750	1.33	21.92	22.46	20.78	21.75	22.92	23.29
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	28.323	1.86	1.08	1.11	1.03	1.08	1.13	1.15
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Instalación de ladrillo para techos	Und	6180.940	0.0348	4.43	4.54	4.20	4.39	4.63	4.70
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	10379.698	0.0457	9.76	10.01	9.25	9.69	10.21	10.37
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7									
Vaciado de concreto horizontal	m3	99.930	1.6	3.29	3.37	3.12	3.27	3.44	3.50
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8									
Desencofrado de losas	m2	800.750	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

Figura 36

Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	56.647	1.86	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	2291.050	0.0457	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Encofrado de viguetas y de losas macizas y aligeradas	m2	800.750	1.33	22.00	22.00	21.00	22.00	23.00	23.00
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	28.323	1.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Instalación de ladrillo para techos	Und	6180.940	0.0348	4.00	5.00	4.00	4.00	5.00	5.00
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	10379.698	0.0457	10.00	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7									
Vaciado de concreto horizontal	m3	99.930	1.6	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8									
Desencofrado de losas	m2	800.750	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6
CANTIDAD DE PERSONAL x SECTOR				44.00	45.00	42.00	44.00	46.00	46.00

La estimación de la cantidad de personal a requerir por sector, a partir del total de horas hombre divididas entre una jornada laboral de 8 horas, según se presenta en la Figura 35. La cantidad total de personal se puede observar una equilibrada asignación de recursos entre frentes de trabajo por sector, permitiendo mantener un ritmo uniforme de trabajo, como se ilustra en la Figura 36.

b) Análisis para el piso 13

Para el piso 13, se calcularon los metrados correspondiente al sistema convencional, se identifican las partidas correspondientes a losa maciza, aligerada, vigas y aleros, como se ilustra en la Figura 37. A diferencia del sótano 4, en este nivel predominan las losas aligeradas de menor espesor, lo que reduce ligeramente los volúmenes de concreto y acero. La sectorización se realizó en cuatro frentes de trabajo, establecida en función del área disponible y la necesidad de mantener un ritmo continuo de trabajo, según se presenta en la Figura 38.

Figura 37

Resumen de metrados de materiales para las losas convencionales del piso 13

PISO 13					
LOSAS CONVENCIONALES	ACERO INFERIOR(kg)	ACERO SUPERIOR(kg)	ENCOFRADO(m2)	CONCRETO (m3)	LADRILLOS (Und)
LOSA MACIZA	176.05	192.96	51.20	10.24	
LOSA ALIGERADA	770.36	1,154.74	235.94	20.65	1,965.34
Total	946.41	1,347.70	287.14	30.89	
VIGAS	5,429.44	4,463.34	216.36	52.24	
ALEROS	184.80	184.80	15.13	3.78	

Figura 38

Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el piso 13

METRADO	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	144.24	1.86	40.07	21.68	40.36	42.14
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	9892.78	0.0457	2,748.20	1,486.80	2,767.82	2,889.97
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Encofrado de viguetas, lasas macizas (incluye aleros) y aligeradas	m2	302.27	1.33	83.97	45.43	84.57	88.30
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	72.12	1.86	20.03	10.84	20.18	21.07
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Instalación de ladrillo para techos	Und	1965.343	0.0348	545.97	295.37	549.87	574.13
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	2663.71	0.0457	739.97	400.33	745.26	778.15
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7							
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	m3	86.92	1.6	24.15	13.06	24.32	25.39
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8							
Desencofrado de losas	m2	287.14	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4

Figura 39

Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y Sector en el piso 13

HORAS HOMBRE	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	144.24	1.86	74.53	40.32	75.06	78.37
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	9892.78	0.0457	125.59	67.95	126.49	132.07
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	m2	302.27	1.33	111.68	60.42	112.48	117.44
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	72.12	1.86	37.26	20.16	37.53	39.19
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Instalación de ladrillo para techos	Und	1965.343	0.0348	19.00	10.28	19.14	19.98
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	2663.71	0.0457	33.82	18.30	34.06	35.56
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7							
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	m3	86.92	1.6	38.63	20.90	38.91	40.63
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8							
Desencofrado de losas	m2	287.14	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4

Con los metrados por sector definidos, se procedió a estimar las horas-hombre por partida, aplicando las ratios extraídas de los APU, como se muestra en la Figura 39. Las actividades con mayor demanda siguen siendo encofrado y armado de acero, aunque con menor proporción que en el sótano 4, reflejando una menor demanda de horas.

Figura 40

Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el piso 13

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	144.24	1.86	9.32	5.04	9.38	9.80
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	9892.78	0.0457	15.70	8.49	15.81	16.51
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	m2	302.27	1.33	13.96	7.55	14.06	14.68
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	72.12	1.86	4.66	2.52	4.69	4.90
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Instalación de ladrillo para techos	Und	1965.343	0.0348	2.37	1.28	2.39	2.50
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	2663.71	0.0457	4.23	2.29	4.26	4.45
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7							
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	m3	86.92	1.6	4.83	2.61	4.86	5.08
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8							
Desencofrado de losas	m2	287.14	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4

Figura 41

Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector en el piso 13

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	m2	144.24	1.86	9.00	5.00	9.00	10.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Colocación de acero de refuerzo en vigas	kg	9892.78	0.0457	16.00	8.00	16.00	17.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	m2	302.27	1.33	14.00	8.00	14.00	15.00
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	m2	72.12	1.86	5.00	2.00	4.00	5.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Instalación de ladrillo para techos	Und	1965.343	0.0348	2.00	1.00	2.00	3.00
Acero en losa (aligerado y maciza)	kg	2663.71	0.0457	4.00	2.00	4.00	4.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7							
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	m3	86.92	1.6	5.00	3.00	5.00	5.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8							
Desencofrado de losas	m2	287.14	1.33	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4
CANTIDAD DE PERSONAL x SECTOR				55.00	29.00	54.00	59.00

A partir de estas horas-hombre, se estimó la cantidad de personal requerido por sector, considerando una jornada laboral de 8 horas, según se presenta en la Figura 40. Finalmente, la asignación definitiva de personal por sector garantiza un equilibrio en los frentes de trabajo según la magnitud del mismo, como se ilustra en la Figura 41.

4.4.2. Evaluación económica del Sistema Prefabricado

4.4.2.1. Cálculo de metrados. Para la evaluación a nivel de estructuras, se calcularon los metrados de concreto premezclado utilizado en lasos, el acero corrugado, el apuntalamiento de prelosas y previgas, así como el suministro y colocación de prelosas.

Figura 42

Cálculo de metrados para el sótano 4 con sistema prefabricado

Item Item Item	Descripción Elemento	Datos			Concreto			Encofrado			Concreto			Encofrado			ACERO							
		Comentario	Kg	m	Ancho	Tarjofaia	Característica	h	p	cara	Cantidad	245.00	N	Nro Elemento	Nro Malla	estribos	Cantidad	Long. entre caras	Izquierdo	Derecho	Longitud de anclajes	Longitud de anclajes	Long	
			cm ²	m	m	m	Característica	m	m	m	Cantidad	Normal	Normal	Nro Elemento	Nro Malla	Ø	De Distrib.	S Resto	#	entre caras	Izquierdo	Derecho	Longitud de anclajes	Longitud de anclajes
ENCOFRADO DE TECHO SOTANO 5a3																								
A5	Iota	245.005	245.005	3	N	345	1	3	822	8245					Sup. Eje 1	Ø 8mm	6.30	0.30	21	100	0.00	0.00	0.00	
A5	Iota	245.005	245.005	3	N	649	1	3	177	192					Sup. Eje 2	Ø 8mm	6.30	0.30	21	230	0.00	0.00	0.00	
A7	Iota	245.005	340	3	N	344	1	3	092	1024					Sup. Eje 3	Ø 8mm	6.30	0.30	21	4.5	0.00	0.00	0.00	
A8	Iota	245.005	627	3	N	626	1	3	189	1880					Sup. Eje 4	Ø 8mm	6.30	0.30	21	4.75	0.00	0.00	0.00	
A8	Iota	245.005	337	3	N	338	1	3	041	80.1					Sup. Eje 5	Ø 8mm	6.30	0.30	21	2.30	0.00	0.00	0.00	
A9	Iota	245.005	1422	3	N	1602	1	3	3738	42053					Sup. Eje 6	Ø 8mm	6.30	0.30	21	2.30	0.00	0.00	0.00	
A11	Iota	245.005	257	3	N	267	1	3	072	80					Sup. Eje 7	Ø 8mm	6.30	0.30	21	230	0.00	0.00	0.00	
A12	Iota	245.005	3447	3	N	267	1	3	720	800					Fl. Eje 1-2	Ø 8mm	6.30	0.80	11	340	0.00	0.00	0.00	
A13	Iota	245.005	2551	3	N	2551	1	3	74	73.5					Fl. Eje 2-3	Ø 8mm	6.30	0.80	11	4.0	0.00	0.00	0.00	
A14	Iota	245.005	2551	3	N	2551	1	3	76	73.5					Fl. Eje 3-4	Ø 8mm	6.30	1.80	11	3.5	0.00	0.00	0.00	
A15	Iota	245.005	3571	3	N	3571	1	3	584	1071					Fl. Eje 4-5	Ø 8mm	6.30	0.80	21	18.5	0.80	0.00	0.00	
A16	Iota	245.005	627	3	N	9322	1	3	250	2782					ENTRE Eje 5									
A18	Iota	245.005	2023	3	N	2023	1	3	442	80.5					Sup. Eje 1	Ø 8mm	4.30	0.30	15	100	0.00	0.00	0.00	
A18	Iota	245.005	2448	3	N	2546	1	3	735	83.8					Sup. Eje 2	Ø 8mm	4.30	0.30	15	2.30	0.00	0.00	0.00	
A19	Iota	245.005	3058	3	N	3058	1	3	826	914					Sup. Eje 2	Ø 8mm	4.30	0.30	15	2.30	0.00	0.00	0.00	
A20	Iota	245.005	2762	3	N	2762	1	3	746	82.6					Sup. Eje 3	Ø 8mm	4.30	0.30	6	4.5	0.00	0.00	0.00	
A21	Iota	245.005	283	3	N	283	1	3	759	94.5					Sup. Eje 4	Ø 8mm	4.30	0.30	6	1.75	0.00	0.00	0.00	
A22	Iota	245.005	284	3	N	284	1	3	757	95.0					Fl. Eje 1-2	Ø 8mm	4.30	1.80	8	3.40	0.00	0.00	0.00	
A23	Iota	245.005	423	3	N	423	1	3	19	126					Fl. Eje 2-3	Ø 8mm	4.30	0.80	8	4.0	0.00	0.00	0.00	
A24	Iota	245.005	2283	3	N	2283	1	3	636	6845					Fl. Eje 3-4	Ø 8mm	4.30	0.80	6	9.5	0.80	0.00	0.00	
A25	Iota	245.005	4332	3	N	4332	1	3	633	475					ENTRE Eje 4									
Ensamblaje	Iota	245.016	3678	3					735	-					Sup. Eje 1	Ø 8mm	6.20	0.30	21	100	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 2	Ø 8mm	6.20	0.30	21	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 3	Ø 8mm	6.20	0.30	21	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 4	Ø 8mm	6.20	0.30	21	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 5	Ø 8mm	6.20	0.30	21	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Fl. Eje 1-2	Ø 8mm	6.20	0.80	11	340	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Fl. Eje 2-3	Ø 8mm	6.20	0.80	11	4.0	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Fl. Eje 3-4	Ø 8mm	6.20	0.80	11	4.0	0.00	0.00	0.00	
									-	-					ENTRE Eje 4y1									
									-	-					Sup. Eje 1	Ø 8mm	140	0.30	5	100	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 2	Ø 8mm	140	0.30	5	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 3	Ø 8mm	140	0.30	5	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 4	Ø 8mm	140	0.30	5	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Sup. Eje 5	Ø 8mm	140	0.30	5	2.30	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Fl. Eje 1-2	Ø 8mm	140	0.80	11	340	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Fl. Eje 2-3	Ø 8mm	140	0.80	11	4.0	0.00	0.00	0.00	
									-	-					Fl. Eje 3-4	Ø 8mm	140	0.80	11	4.0	0.00	0.00	0.00	
									-	-					PRELOSA ALIG H=25-SOTANO									
									-	-					PRELOSA MACIZA H=25-SOTANO									

En el caso del techo sótano 4, se consideraron prelosas aligeradas de $h=0.25$ m, prelosas macizas de $h=0.15$ m y losas macizas de $h=0.25$ m, como se ilustra en la Figura 42. Para el techo del piso 13, también con el sistema prefabricado, se presentan prelosas aligeradas de $h=0.20$ m y prelosas macizas de $h=0.20$ m, según se presenta en la Figura 43.

Figura 43

Cálculo de metrados para el piso 13 con sistema convencional

ítem	Datos		Concreto			Encofrado			Concreto		Encofrado		ACERO								UBICACION DEL ACERO	
	Descripción n del Elemento	Comentario	Kg/m ³	h m	largo/las m	Canidad ml	Tipo Enc er	p ml	caja	Repartid or	245.00	N Normal	Nro Elemen to	Nro Malla	Descripción	g	Long. De Distrib	estribos S Resto	Cantidad	Izquierdo Longitu d entre caras	Derecho Longitu d de anclaje	Longitu d emp. s/emp.
ENCOFRADO DE TECHO PARA PISO 13x21																						
A1	Iosa	245	0.075	27.00	9	N	277	1	9	1870	243.00	1										
A2	Iosa	245	0.075	10.05	9	N	1085	1	9	732	97.65	1	1 sup. Ex 3	8mm	#####	0.30	29	0.30	0.00	0.62	150	0.00 OBR
A3	Iosa	245	0.075	20.05	9	N	2032	1	9	412	98.25	1	1 sup. Ex 3	38	#####	0.30	20	450	0.00	0.00	4.50	0.00 OBR
A4	Iosa	245	0.075	20.00	9	N	20	1	9	350	80.00	1	1 sup. Ex 3	38	#####	0.30	20	2.0	0.00	0.00	5.0	0.00 OBR
A5	Iosa	245	0.075	16.92	9	N	1892	1	9	127	70.92	1	1 sup. Ex 3	8mm	#####	0.30	20	220	0.00	0.00	2.20	0.00 OBR
A6	Iosa	245	0.075	13.05	9	N	1509	1	9	0.19	13.85	1	1 sup. Ex 5	8mm	#####	0.30	20	220	0.00	0.00	2.20	0.00 OBR
A7	Iosa	245	0.075	8.11	9	N	811	1	9	547	72.95	1	1 sup. Ex 6	8mm	#####	0.30	20	280	0.00	0.00	2.30	0.00 OBR
A8	Iosa	245	0.075	2.40	9	N	3395	1	9	229	30.60	1	1 sup. Ex 4	12	#####	0.30	20	530	0.00	0.00	6.30	0.00 OBR
A9	Iosa	245	0.075	13.55	9	N	1359	1	9	917	12.25	1	1 sup. Ex 4-2	12	#####	0.30	20	650	0.00	0.62	7.0	0.00 OBR
A10	Iosa	245	0.075	16.96	9	N	1886	1	9	120	70.64	1	1 ni. Ex 10-3	38	#####	0.30	20	355	0.00	0.00	3.55	0.00 PRELOSA
A11	Iosa	245	0.075	20.01	9	N	20.01	1	9	0.71	82.75	1	1 ni. Ex 10-2	38	#####	0.30	20	2150	0.00	0.62	28.55	300 PRELOSA
A12	Iosa	245	0.075	4.98	9	N	1778	1	9	282	37.60	1	AREA 7a17									
A13	Iosa	245	0.075	1.58	9	N	138	1	9	0.92	12.91	1	1 sup. Ex A	8mm	#####	0.30	9	470	0.00	0.62	1.50	0.00 OBR
A14	Iosa	245	0.075	1.58	9	N	1355	1	9	0.51	12.20	1	1 sup. Ex B	8mm	#####	0.30	9	240	0.00	0.00	2.40	0.00 OBR
A15	Iosa	245	0.075	4.84	9	N	4637	1	9	313	41.73	1	1 sup. Ex B	38	#####	0.30	9	585	0.00	0.00	5.95	0.00 OBR
A16	Iosa	245	0.075	0.51	9	N	17.51	1	9	182	57.65	1	1 sup. Ex F	38	#####	0.30	9	280	0.00	0.00	2.80	0.00 OBR
A17	Iosa	245	0.075	17.08	9	N	1709	1	9	154	18.81	1	1 sup. Ex F	38	#####	0.30	9	320	0.00	0.00	3.20	0.00 OBR
A18	Iosa	245	0.075	5.68	9	N	568	1	9	382	51.68	1	1 sup. Ex H	38	#####	0.30	9	750	0.00	0.62	6.30	0.00 OBR
A19	Iosa	245	0.075	5.72	9	N	572	1	9	385	51.45	1	1 ni. Ex A-1	38	#####	0.30	9	24.40	0.60	0.62	2.50	200 PRELOSA
A20	Iosa	245	0.075	0.58	9	N	0.58	1	9	0.38	5.04	1	1 ni. Ex B-F	38	#####	0.30	9	360	0.00	0.00	3.60	0.00 PRELOSA
Estructores	Iosa	245	0.075	6.05	9					532			1 ni. Ex F-H	8mm	#####	0.30	9	330	0.00	0.00	3.30	0.00 PRELOSA
													AREA 19_10									
													1 sup. Ex A	8mm	#####	0.30	7	370	0.00	0.00	1.30	0.00 OBR
													1 sup. Ex A	8mm	#####	0.30	7	205	0.00	0.00	2.05	0.00 OBR
													1 sup. Ex A-B	8mm	#####	0.30	7	620	0.00	0.62	7.40	0.00 PRELOSA
													REFUERZO TRANSVERSAL									
													1 sup. E-EK	38	#####	0.30	2	510	0.00	0.00	7.30	0.00 OBR
													1 ni. E-EK	8mm	#####	0.30	2	510	0.00	0.00	7.30	0.00 PRELOSA
													REFUERZO EN DUCTOS									
													PRELOSA ALIG H=20-TORRE									

Una vez calculados los metrados del sótano 4 con el sistema de prelosas, se presenta

un resumen de los resultados, como se ilustra en la Figura 44.

Figura 44

Resumen de metrados para el sótano 4 con sistema prefabricado

NIVEL	LOSAS MACIZA Y PRELOSA EN SOTANOS										PREVIGAS						
	CONCRETO EN PRELOSA				ACERO				ACERO		CONCRETO (m ³)	BASE DE VIGAS (m ²)	APUNTALAMIENTO(m)	ACERO INF (kg)	REFUERZO- COLOCADO (kg)	TOTAL/kg)	
	PROMACIZA (m ³)	PL. ALIGERADA (m ³)	LOSAS MACIZA (m ²)	PROMACIZA (m ²)	PREL SUPERIOR (kg)	ACERO INT (kg)	ACERO SUPERIOR (kg)	ACERO TOT/LL(kg)									
SOTANO 5	3.78	72.68	6.10	31.31	742.01	21.40	485.09	189.56	6.517.28	2.849.14	338.92	8.66	30.03	93.52	1.237.36	1.053.69	2.291.01
SOTANO 4	3.78	72.68	6.10	34.34	742.01	21.40	485.09	189.56	6.517.28	2.849.14	338.92	8.66	30.03	93.52	1.237.36	1.053.69	2.291.01
SOTANO 3	3.78	72.68	6.10	34.34	742.01	24.40	485.09	189.56	6.517.28	2.849.14	338.92	8.66	30.03	93.52	1.237.36	1.053.69	2.291.04
SOTANO 2	53.55	41.18	6.10	340.50	419.59	24.40	5.382.27	1.850.04	3.804.90	2.028.18	382.60	13.21	44.03	117.79	2.012.15	1.593.69	3.605.83
SOTANO 1	105.58	-	6.10	670.72	-	24.40	9.608.59	4.666.43	-	-	440.56	28.66	74.51	154.95	4.123.54	3.125.09	7.248.63

Asimismo, para el cálculo del metrado del piso 13 con el mismo sistema, se obtuvieron los resultados que se presenta en la Figura 45, con los cuales se procederá posteriormente a realizar el presupuesto.

Figura 45

Resumen de metrados para el piso 13 con sistema prefabricado

NIVEL	LOSAS Y PRELOSAS										PREVIGAS				JUNTAS ENTRE PRELOSAS	
	CONCRETO EN PRELOSA			ENCOFRADO			ACERO				ACERO					
	ALEROS	LOSA MACIZA	PRELOSA ALIGERADA	PRELOSA ALIGERADA	LOSA MACIZA NORMAL	LOSA MACIZA EN ALEROS	LOSA MACIZA	ALEROS	PRELOSA ALIGERADA	CONCRETO APUNTALAMIENTO	ACERO INF ACERO SUPERIOR (kg)	REFUERZO- COLOCADO	TOTAL			
	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m ²)	(kg)	(kg)	(kg)	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(m)		
PISO 13	3.78	10.24	18.47	235.94	51.20	15.13	369.01	369.61	770.36	1,154.74	31.35	179.76	5,429.44	4,463.34	9,892.78	93.07

4.4.2.2. Elaboración de los análisis de precios unitarios para el sistema de Prelosas en Sótanos y Torre. A continuación, como se muestra en la Tabla 2, se presentan las partidas principales, sus costos unitarios y las ratios de mano de obra que serán utilizados para el dimensionamiento de cuadrillas y la elaboración del presupuesto a nivel de costo directo en el sistema de prefabricados.

Tabla 2

Resumen de ratios de mano de obra para el sistema prefabricado

Partida	Unidad	Precio por	Ratios
		unidad(S/)	(hh/unidad)
Concreto premezclado, cemento tipo I, losas y vigas, $f_c=245 \text{ kg/cm}^2$	m3	350.75	1.600
Encofrado y desencofrado de prelosa	m2	23.06	0.400
Sistema de Prelosa Aligerada E=0.20 m	m2	63.00	1.4482
Sistema de Prelosa Maciza E=0.15,0.20 y 0.25 m	m2	43.50	1
Apuntalamiento para Previgas	m	20.56	0.400
Colocación de Prelosa	m2	2.56	0.1297
Colocación de Previga	m	2.56	0.1297
Solaqueo de limpieza y Sellado de Juntas-Acabado de prelosa	m2	6.00	0.100
Acero fy=4200kg/cm2	kg	4.18	0.0457

4.4.2.3. Cálculo de dimensionamiento de cuadrillas y horas hombre:

a) Análisis para el Sótano 4

En el sótano 4 con el sistema de prelosas, donde predomina el uso de prelosa aligerada sobre la prelosa maciza, según el plano estructural en el cual se indica aquellas zonas en que se ejecutarán dichos sistemas, como se ilustra en la Figura 46.

Figura 46

Resumen de metrados de materiales para prelosas del sótano 4

SOTANO 4				
PRELOSAS Y LOSA CONVENCIONAL	ACERO INFERIOR (Kg)	ACERO SUPERIOR (Kg)	ENCOFRADO (m ²)	CONCRETO (m ³)
LOSA MACIZA	100.99	237.93	24.40	6.10
PRELOSA MACIZA		189.56	34.34	3.78
PRELOSA ALIGERADA		2,849.14	742.01	72.68
Total	100.99	3,276.62	800.75	82.56
	ACERO INFERIOR (Kg)	ACERO SUPERIOR (Kg)	APUNTALAMIENTO (m)	CONCRETO (m ³)
PRE-VIGAS		1,053.69	93.52	8.66

Figura 47

Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el sótano 4 - prelosas

METRADO	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Aputalamiento fondo para Previgas	m	93.52	0.4	15.40	15.78	14.59	15.28	16.10	16.36
Colocación de Previgas	m	93.52	0.1297	15.40	15.78	14.59	15.28	16.10	16.36
Habilitacion de acero colocado en Previgas	kg	1053.69	0.0457	173.49	177.81	164.44	172.16	181.43	184.36
Encofrado para Prelosas (catre de puntales)	m ²	776.35	0.4	127.83	131.01	121.16	126.85	133.67	135.83
Colocación de Prelosa	m ²	776.35	0.1297	127.83	131.01	121.16	126.85	133.67	135.83
Encofrado para losa Maciza	m ²	24.4	1.6	4.02	4.12	3.81	3.99	4.20	4.27
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Acero colocado en prelosa (aligerada y maciza)	kg	3038.69	0.0457	500.33	512.77	474.22	496.49	523.21	531.67
Acero en losa maciza	kg	338.92	0.0457	55.80	57.19	52.89	55.38	58.36	59.30
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Vaciado de concreto horizontal	m ³	91.22	1.6	15.02	15.39	14.24	14.90	15.71	15.96
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Desencofrado de losas	m ³	776.35	0.4	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

A diferencia del sistema convencional este sistema reduce el volumen de concreto, encofrado e incluso acero, debido a los prefabricados usados en losas y vigas (véase la Figura 47). Podemos apreciar que en el día 3, el uso de los prefabricados nos permite optimizar en un solo día llevar a cabo el apuntalamiento para recibir previgas y prelosas en un solo día.

Figura 48

Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4

HORAS HOMBRE	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Aputalamiento fondo para Previgas	m	93.52	0.4	6.159	6.312	5.838	6.112	6.441	6.545
Colocación de Previgas	m	93.52	0.1297	1.997	2.047	1.893	1.982	2.088	2.122
Habilitacion de acero colocado en Previgas	kg	1053.69	0.0457	7.929	8.126	7.515	7.868	8.291	8.425
Encofrado para Prelosas (catre de puntales)	m ²	776.35	0.4	51.132	52.402	48.463	50.739	53.470	54.334
Colocación de Prelosa	m ²	776.35	0.1297	16.579	16.991	15.714	16.452	17.338	17.618
Encofrado para losa Maciza	m ²	24.4	1.6	6.428	6.588	6.093	6.379	6.722	6.831
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Acero colocado en prelosa (aligerada y maciza)	kg	3038.69	0.0457	22.865	23.433	21.672	22.690	23.911	24.297
Acero en losa maciza	kg	338.92	0.0457	2.550	2.614	2.417	2.531	2.667	2.710
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Vaciado de concreto horizontal	m ³	91.22	1.6	24.032	24.629	22.777	23.847	25.130	25.537
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Desencofrado de losas	m ³	776.35	0.4	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

En esta sección, a partir de los metrados calculados por sector y utilizando las ratios obtenidas de los APUs, se calcularon las horas hombre por actividad, como se muestra en la Figura 48.

Figura 49

Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el sótano 4 - prelosas

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Aputalamiento fondo para Previgas	m	93.52	0.4	0.770	0.789	0.730	0.764	0.805	0.818
Colocación de Previgas	m	93.52	0.1297	0.250	0.256	0.237	0.248	0.261	0.265
Habilitacion de acero colocado en Previgas	kg	1053.69	0.0457	0.991	1.016	0.939	0.983	1.036	1.053
Encofrado para Prelosas (catre de puntales)	m2	776.35	0.4	6.391	6.550	6.058	6.342	6.684	6.792
Colocación de Prelosa	m2	776.35	0.1297	2.072	2.124	1.964	2.057	2.167	2.202
Encofrado para losa Maciza	m2	24.4	1.6	0.804	0.823	0.762	0.797	0.840	0.854
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Acero colocado en prelosa (aligerada y maciza)	kg	3038.69	0.0457	2.858	2.929	2.709	2.836	2.989	3.037
Acero en losa maciza	kg	338.92	0.0457	0.319	0.327	0.302	0.316	0.333	0.339
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Vaciado de concreto horizontal	m3	91.22	1.6	3.004	3.079	2.847	2.981	3.141	3.192
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Desencofrado de losas	m3	776.35	0.4	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

La estimación de la cantidad de personal a requerir por sector, a partir del total de horas hombre divididas entre una jornada laboral de 8 horas. La figura 50 consolida el total de personal, se puede observar una equilibrada asignación de recursos entre frentes de trabajo, permitiendo observar la disminución en la cantidad de personal con respecto al sistema convencional.

Al realizar los cálculos correspondientes en el sistema prefabricado , resultó un promedio de 19 trabajadores por sector (Figura 50) , lo cual representa un ahorro significativo en mano de obra en comparación con el sistema convencional ,que nos muestra un promedio de 45 personas por sector .Esta diferencia representa una reducción de 57.78% en la cantidad del personal requerido, lo cual implica una mayor eficiencia en la ejecución de la obra y , a su vez , un ahorro económico sustancial en la etapa de ejecución del proyecto.

Figura 50

Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3									
Aputalamiento fondo para Previgas	m	93.52	0.4	1	1	1	1	1	1
Colocación de Previgas	m	93.52	0.1297	1	1	1	1	1	1
Habilitación de acero colocado en Previgas	kg	1053.69	0.0457	1	1	1	1	1	1
Encofrado para Prelosas (catre de puntales)	m ²	776.35	0.4	6	7	6	6	7	7
Colocación de Prelosa	m ²	776.35	0.1297	2	2	2	2	2	2
Encofrado para losa Maciza	m ²	24.4	1.6	1	1	1	1	1	1
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4									
Acero colocado en prelosa (aligerada y maciza)	kg	3038.69	0.0457	3	3	3	3	3	3
Acero en losa maciza	kg	338.92	0.0457	1	1	1	1	1	1
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5									
Vaciado de concreto horizontal	m ³	91.22	1.6	3	3	3	3	3	3
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6									
Desencofrado de losas	m ²	776.35	0.4	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6
CANTIDAD DE PERSONAL x SECTOR					18.000	19.000	18.000	18.000	19.000

b) Análisis para el Piso 13

Para el piso 13 con sistema de prelosas, se calcularon los metrados de materiales; donde se identifican las partidas correspondientes a losa maciza, prelosa aligerada, previgas y aleros, según la configuración estructural del proyecto, como se ilustra en la Figura 51.

Figura 51

Resumen de metrados de materiales para prelosas del Piso 13

	ACERO INFERIOR	ACERO SUPERIOR	ENCOFRADO	CONCRETO
PISO 13				
PRELOSAS Y LOSA CONVENCIONAL	ACERO INFERIOR (Kg)	ACERO SUPERIOR (Kg)	APUNTALAMIENTO (m)	CONCRETO (m³)
LOSA MACIZA	176.05	192.96	51.20	10.24
PRELOSA ALIGERADA		1,154.74	235.94	18.47
Total	176.05	1,523.75	287.14	28.71
	ACERO INFERIOR (Kg)	ACERO SUPERIOR (Kg)	APUNTALAMIENTO (m)	CONCRETO (m³)
PREVIGAS		4,463.34	179.76	31.35
ALEROS	184.80	184.80	15.13	3.78

Figura 52

Resumen de metrados de elementos horizontales por día y sector en el piso 13 - prelosas

METRADO	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Aputalamiento fondo para Previgas	m	179.76	0.4	49.937	27.016	50.294	52.513
Encofrado para prelosas (catre de puntales)	m2	235.94	0.4	65.544	35.460	66.012	68.925
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Encofrado para losa maciza	m2	51.2	1.6	14.223	7.695	14.325	14.957
Colocación de Previgas	m	179.76	0.1297	49.937	27.016	50.294	52.513
Colocación de Prelosa	m2	235.94	0.1297	65.544	35.460	66.012	68.925
Habilitacion de acero en PreVigas	kg	4463.34	0.0457	1,239.907	670.802	1,248.761	1,303.870
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Acero colocado en prelosa (aligerada)	kg	1154.74	0.0457	320.785	173.548	323.075	337.333
Acero en losa maciza y aleros	kg	738.61	0.0457	205.184	111.007	206.650	215.769
Vaciado de concreto horizontal (losas,prelosas, vigas,aleros)	m3	63.84	1.6	17.735	9.595	17.861	18.650
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Desencofrado de losas	m2	287.14	0.4	79.767	43.155	80.336	83.882

A diferencia del sótano 4, en este nivel predominan las prelosas aligeradas de menor espesor, lo que conlleva una reducción ligera en los volúmenes de concreto. La sectorización se llevó a cabo en cuatro frentes de trabajo, según se presenta en la Figura 52.

Con los metrados por sector definidos, se procedió a calcular las horas hombre por partida, haciendo uso de las ratios extraídas de los APU, como se muestra en la Figura 53. A diferencia del sistema convencional, se aprecia una notable reducción en la cantidad de horas tanto en encofrado, acero y concreto.

Figura 53

Resumen de horas hombre para elementos horizontales por día y sector en el piso 13 - prelosas

HORAS HOMBRE	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Aputalamiento fondo para Previgas	m	179.76	0.4	19.975	10.807	20.117	21.005
Encofrado para prelosas (catre de puntales)	m2	235.94	0.4	26.217	14.184	26.405	27.570
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Encofrado para losa maciza	m2	51.2	1.6	22.757	12.312	22.920	23.931
Colocación de Previgas	m	179.76	0.1297	6.477	3.504	6.523	6.811
Colocación de Prelosa	m2	235.94	0.1297	8.501	4.599	8.562	8.940
Habilitacion de acero en PreVigas	kg	4463.34	0.0457	56.664	30.656	57.068	59.587
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Acero colocado en Prelosa (aligerada y maciza)	kg	1154.74	0.0457	14.660	7.931	14.765	15.416
Acero en losa maciza	kg	738.61	0.0457	9.377	5.073	9.444	9.861
Vaciado de concreto horizontal (losas,prelosas, vigas,aleros)	m3	63.84	1.6	28.375	15.351	28.578	29.839
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Desencofrado de losas	m2	287.14	0.4	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4

Figura 54

Resumen de cantidad de personal para elementos horizontales por día y sector en el piso 13 - prelosas

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Aputalamiento fondo para Previgas	m	179.76	0.4	2.497	1.351	2.515	2.626
Encofrado para prelosas (catre de puntales)	m ²	235.94	0.4	3.277	1.773	3.301	3.446
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Encofrado para losa maciza	m ²	51.2	1.6	2.845	1.539	2.865	2.991
Colocación de Previgas	m	179.76	0.1297	0.810	0.438	0.815	0.851
Colocación de Prelosa	m ²	235.94	0.1297	1.063	0.575	1.070	1.117
Habilitacion de acero en PreVigas	kg	4463.34	0.0457	7.083	3.832	7.134	7.448
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Acero colocado en prelosa (aligerada y maciza)	kg	1154.74	0.0457	1.832	0.991	1.846	1.927
Acero en losa maciza	kg	738.61	0.0457	1.172	0.634	1.180	1.233
Vaciado de concreto horizontal (losas,prelosas, vigas,aleros)	m ³	63.84	1.6	3.547	1.919	3.572	3.730
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Desencofrado de losas	m ²	287.14	0.4	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4

La cantidad diaria de personal estimado por sector se detalla a partir del cálculo de horas-hombre dividido entre la jornada laboral, según se presenta en la Figura 54. La distribución definitiva y total de personal por sector.

Al realizar los cálculos correspondientes en el sistema prefabricado, divididos en 4 sectores, se obtuvo un promedio de 16 trabajadores por sector (véase Figura 55), lo cual representa un ahorro significativo en mano de obra en comparación con el sistema convencional, que nos muestra un promedio de 49 personas por sector. Esta diferencia representa una reducción de 67.35% en la cantidad del personal requerido para el piso 13, lo cual implica una mayor eficiencia en la ejecución de la obra.

Figura 55

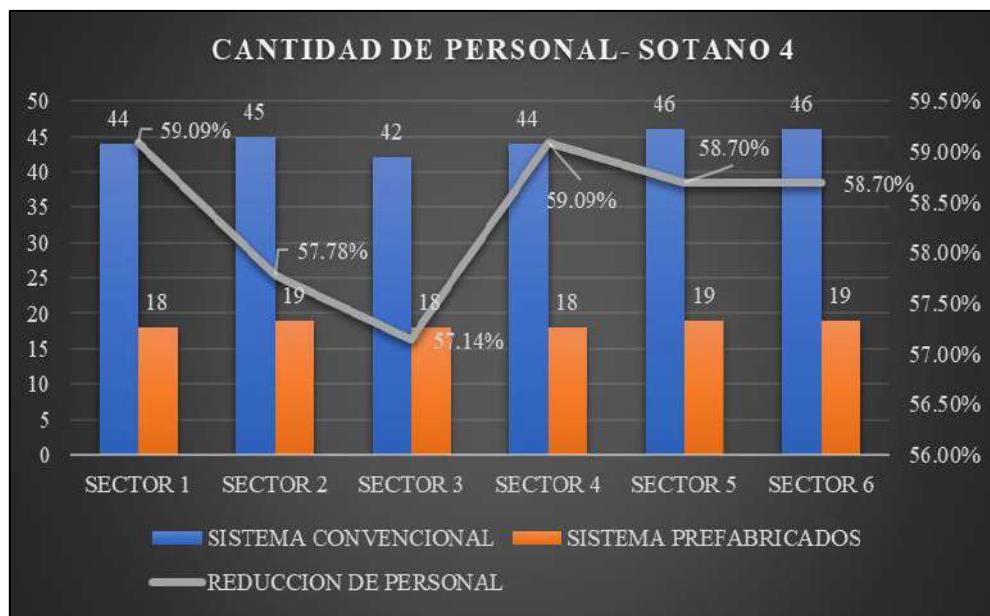
Cantidad definitiva de personal para elementos horizontales por día y sector piso 13-prelosas

CANTIDAD DE PERSONAL	UND	METRADO	RATIO	S1	S2	S3	S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Aputalamiento fondo para Previgas	m	179.76	0.4	2.00	1.00	3.00	3.00
Encofrado para prelosas (catre de puntales)	m2	235.94	0.4	3.00	2.00	3.00	3.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Encofrado para losa maciza	m2	51.2	1.6	3.00	2.00	3.00	3.00
Colocación de Previgas	m	179.76	0.1297	1.00	1.00	1.00	1.00
Colocación de Prelosa	m2	235.94	0.1297	1.00	1.00	1.00	1.00
Habilitacion de acero en PreVigas	kg	4463.34	0.0457	7.00	4.00	7.00	7.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Acero colocado en prelosa (aligerada y maciza)	kg	1154.74	0.0457	2.00	1.00	2.00	2.00
Acero en losa maciza	kg	738.61	0.0457	1.00	1.00	1.00	1.00
Vaciado de concreto horizontal (losas,prelosas, vigas,aleros)	m3	63.84	1.6	4.00	2.00	4.00	4.00
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Desencofrado de losas	m2	287.14	0.4	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4
CANTIDAD DE PERSONAL x SECTOR				17.000	11.000	18.000	18.000

La comparación entre el sistema prefabricado y el convencional en el sótano 4 muestra una disminución significativa de la mano de obra con el sistema prefabricado, como se ilustra en la Figura 56. Esta reducción oscila entre 57.14 % y 59.09 %, y la variación gráfica por sector, lo que refleja la eficiencia operativa del sistema prefabricado, generando menores costos en mano de obra y mayor productividad en el proceso constructivo.

Figura 56

Comparación de cantidad de personal y reducción porcentual entre sistemas convencional y prefabricado en el sótano 4



La implementación del sistema prefabricado en el Piso 13 refleja una disminución significativa de la mano de obra en comparación con el sistema convencional, como se ilustra en la Figura 57. Esta reducción oscila entre 62.07% y 69.49%, reafirmando la eficiencia operativa del prefabricado, lo que genera menores costos en mano de obra y optimiza la productividad.

Figura 57

Comparación de cantidad de personal y reducción porcentual entre sistemas convencional y prefabricado en el piso 13



4.4.3. Análisis del Presupuesto Sótano 4 con ambos sistemas

La evaluación económica del sótano 4 se desarrolló a partir de la elaboración de presupuestos de costo directo para el sistema convencional de losa aligerada-maciza y el sistema de prelosas y previgas. Ambos presupuestos fueron elaborados bajo las mismas condiciones de entorno, metrados y sectorización. Esta metodología permite garantizar un análisis comparativo más preciso y objetivo.

El presupuesto total para el sistema convencional asciende a S/ 189,084.34, mientras que el presupuesto correspondiente al sistema de prelosas y previgas es de S/ 158,482.30; además, representa una diferencia de S/ 30,602.04, lo que equivale a un ahorro del 16.18 %, respecto al sistema convencional, como se detalla en la Figura 58.

El sistema prefabricado presenta un costo directo menor; este diferencial se justifica en los siguientes beneficios, tales como:

- Reducción del tiempo de ejecución, pasando de 8 días en el sistema convencional a 6 días en el sistema con prelosas.
- Menor requerimiento de mano de obra, como se evidenció en el análisis de dimensionamiento de cuadrillas.
- Reducción de desperdicios de materiales, tales como concreto, acero e incluso encofrado.
- Mayor eficiencia en el proceso constructivo, especialmente en las actividades de colocación de elementos estructurales.

Figura 58

Presupuesto comparativo del sótano 4: sistema de prelosas vs. sistema de losas convencionales

ESTRUCTURA SOTANO												
DESCRIPCION	UND	CANTIDA D	PRECIO	PARCIAL	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL			
SISTEMA DE PRELOSA					SISTEMA DE LOSAS CONVENCIONALES							
SOTANO 4					SOTANO 4							
ESTRUCTURAS												
LOSA MACIZAS H=0.25m			S/	4,948.26	LOSA MACIZAS H=0.15m ; 0.25m			S/	11,533.72			
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	6.10	S/	350.75	2,139.58	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	11.25	S/	350.75	3,945.94	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ²	24.40	S/	57.05	1,392.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ²	58.74	S/	57.05	3,351.06	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	338.92	S/	4.18	1,416.69	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	1,013.57	S/	4.18	4,236.72	
PRELOSA MACIZA h=0.15m			S/	5,912.79	LOSA MACIZAS H=0.15m ; 0.25m			S/	11,533.72			
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	3.78	S/	350.75	1,324.67	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	11.25	S/	350.75	3,945.94	
COLOCACIÓN DE PRELOSA	m ²	34.34	S/	2.56	87.91	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PRELOSA (APUNTALAMIENTO)	m ²	58.74	S/	57.05	3,351.06	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PRELOSA (APUNTALAMIENTO)	m ²	34.34	S/	23.06	791.88	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	1,013.57	S/	4.18	4,236.72	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	189.56	S/	4.18	792.35	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	485.09	S/	2.93	1,422.20	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PRELOSA	kg	485.09	S/	2.93	1,422.20	SISTEMA PRE LOSA MACIZA H=15cm	m ²	34.34	S/	43.50	1,493.79	
PRELOSA ALIGERADA H=0.25m			S/	122,267.35	LOSA ALIGERADA H=0.25m			S/	127,053.04			
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	72.68	S/	350.75	25,493.68	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	74.25	S/	350.75	26,041.62	
COLOCACIÓN DE PRELOSA	m ²	742.01	S/	2.56	1,899.55	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	742.01	S/	53.96	40,041.09	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PRELOSA (APUNTALAMIENTO)	m ²	742.01	S/	23.06	17,110.75	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	9,366.41	S/	4.18	39,151.61	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	2,849.14	S/	4.18	11,909.39	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 20X30X30CM PARA LOSA ALIGERADA	und	6,180.94	S/	3.53	21,818.73	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PRELOSA	kg	6,517.28	S/	2.93	19,107.35	SISTEMA PRE LOSA ALIGERADA H=25 CM	m ²	742.01	S/	63.00	46,746.63	
PRESIGAS			S/	22,057.24	VIGAS			S/	20,390.39			
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	8.66	S/	350.75	3,036.79	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	14.43	S/	350.75	5,061.32	
APUNTALAMIENTO PREVIGA	m	93.52	S/	20.56	1,922.70	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	84.97	S/	67.70	5,752.47	
SISTEMA PREVIGA (H<= 1.00 m)	m	93.52	S/	74.00	6,920.23	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EN VIGA	kg	2,291.05	S/	4.18	9,576.60	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PREVIGA	kg	1,237.96	S/	4.47	5,533.68	SOLIQUEO DE PREVIGAS PISO 13	m ²	84.97	S/	39.38	3,346.12	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 COLOCADO EN PREVIGA	kg	1,053.69	S/	4.18	4,404.42	COLOCACIÓN DE PREVIGAS EN OBRA	m	93.52	S/	2.56	239.40	
ARQUITECTURA					ARQUITECTURA							
SOLAQUEO DE LIMPIEZA Y SELLADO DE JUNTA ACABADO DE PRELOSA			S/	1,799.76	REVOQUES Y ENLUCIDOS			S/	26,761.07			
SOLAQUEO Y SELLADO DE JUNTA PISO 13	m	299.96	S/	6.00	1,799.76	TARRAJEO DE CIELO RASO PISO 13	m ²	800.75	S/	33.42	S/	26,761.07
SOLAQUEO DE LIMPIEZA - ACABADO DE PREVIGAS			S/	681.46	TARRAJEO DE FONDO Y COSTADO DE VIGAS			S/	3,346.12			
SOLAQUEO DE PREVIGAS PISO 13	m ²	84.97	S/	8.02	681.46	TARRAJEO DE VIGAS PISO 13	m ²	84.97	S/	39.38	S/	3,346.12
REVOQUES Y ENLUCIDOS			S/	815.45								
TARRAJEO DE CIELO RASO PISO 13	m ²	24.40	S/	33.42	815.45							
			COSTO DIRECTO	S/ 158,482.30				COSTO DIRECTO	S. 189,084.34			

Adicionalmente, se observa que el costo del encofrado disminuye considerablemente en el sistema prefabricado, debido a que se emplea un sistema modular más simple, conformado por puentes y vigas metálicas, eliminando en gran parte la necesidad de encofrado tradicional de madera o fenólico. En esta situación, se puede apreciar como para una losa maciza el costo por m² de encofrado resulta S/ 57,05 (Véase Tabla 3), mientras que en la prelosa maciza asciende a solo S/ 23,06 el costo por m², teniendo un ahorro por m² de 59.58 %.

Una de las ventajas más relevantes del sistema prefabricado mediante prelosas es la eliminación del tarajeo en la cara inferior de las losas (cielorraso), debido a que estos elementos se fabrican con una superficie inferior lisa, lo que permite prescindir del acabado convencional aplicado en obra. En la evaluación económica para el sótano 4, el monto de tarajeo de losas y previgas en el sistema convencional asciende a S/ 30,107.19, en contraste con lo que muestra en el sellado de juntas en prelosas y el solaquéo de limpieza en previgas que asciende a S/ 3,296.67, obteniendo un ahorro de S/ 26,810.52 por el uso de prefabricados.

Este ahorro no solo representa una ventaja económica significativa, sino que también contribuye a la reducción del tiempo de obra y de recursos de mano de obra, además de mejorar la calidad estética del acabado final, ya que la cara inferior de la prelosa presenta un acabado gris uniforme y con tolerancias controladas desde fábrica.

Tabla 3

Resumen comparativo: sótano 4 (sistema de prelosas vs. sistema convencional)

Detalle	Sistema de Prelosas y Previgas	Sistema Convencional	Ahorro/Beneficio
Costo Directo Total	S/158,482.30	S/ 189,084.34	S/30,602.04 (16.18%)
Tiempo de Ejecución	6 días x Sector	8 días x Sector	2 días (25%)
Costo de Encofrado (m ²)	S/ 23.06	S/ 57.05	S/ 33.99 (59.58%)
Costo de Tarajeo	S/ 3,296.67	S/ 30,107.19	S/ 26,810.52
Mano de Obra	Menor	Mayor	Reducción significativa
Calidad (Cielorraso)	Estética Superficie lisa	Tarajeo necesario	Mejora estética

4.4.4. Análisis del presupuesto piso 13 con ambos sistemas

La evaluación económica del piso 13 se desarrolló a partir de la elaboración de presupuestos de costo directo para el sistema convencional de losa aligerada-maciza y el sistema de prefabricados. Ambos presupuestos fueron elaborados bajo las mismas condiciones de entorno, metrados y sectorización, garantizando un análisis comparativo preciso y objetivo.

Para el sistema convencional, el costo directo asciende a S/ 139,424.88, mientras que para el sistema de prelosas y previgas es de S/ 120,617.13; esta diferencia de S/ 18,807.75 equivale a un ahorro del 13.49 % por el uso del sistema prefabricado, como se ilustra en la Figura 59 y la Tabla 4.

Además, el costo de encofrado y desencofrado de las losas disminuye para una losa maciza de $H = 0.20$ m, el sistema convencional necesita S/ 57.05 /m², mientras que para las prelosas baja a S/ 23.06 /m², logrando un ahorro del 59.58 % por metro cuadrado.

Otras ventajas importantes incluyen la eliminación del tarrajeo en cielorrasos: en el caso de los sistemas convencionales, el tarrajeo de losas y vigas cuesta S/ 18,622.20, mientras que la limpieza y sellado de juntas en prelosas y previgas realizadas en losas cuesta S/ 4,510.45, generando una reducción de S/ 14,111.74. Este beneficio implica no solo un ahorro monetario significativo, sino también una reducción en los cronogramas de construcción y la cantidad de trabajo requerida en el proyecto, junto con una mejora en la apariencia estética del acabado superficial; el lado inferior de la prelosas es una superficie lisa y plana con tolerancias uniformes que eliminan la necesidad de procesos secundarios excesivos y aseguran un acabado de alta calidad.

En resumen, el sistema de prefabricado tiene menor costo directo, un cronograma de ejecución optimizado, menor consumo de recursos y una calidad mejorada del trabajo realizado, convirtiéndolo en la solución más efectiva y rentable.

Tabla 4

Resumen comparativo: piso 13 (sistema de prelosas vs. sistema convencional)

Detalle	Sistema de Prelosas y Previgas	Sistema Convencional	Ahorro/Beneficio
Costo Directo Total	S/ 120,617.13	S/ 139,424.88	S/ 18,807.75 (13.49%)
Costo de Encofrado (m ²)	S/ 23.06	S/ 57.05	S/ 33.99 (59.58%)
Costo de Tarajeo/Sellado	S/ 4,510.45	S/ 18,622.20	S/ 14,111.74
Volumen de Concreto (m ³)	63.84 m ³	86.91 m ³	23.07 m ³ (26.54%)
Mano de Obra	Menor	Mayor	Reducción significativa
Calidad Estética (Cielorraso)	Superficie lisa	Tarajeo necesario	Mejora estética

Figura 59

Presupuesto comparativo del piso 13: sistema de prelosas vs. sistema de losas

convencionales

ESTRUCTURA TORRE									
DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	DESCRIPCION	UND	CANTIDA D	PRECIO	PARCIAL
SISTEMA DE PRELOSA					SISTEMA DE LOSAS CONVENCIONALES				
PISO 13					PISO 13				
ESTRUCTURAS									
LOSA MACIZAS H=0.20 m			S/	8,054.79	LOSA MACIZAS H=0.20 m			S/	8,054.79
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	10.24	S/ 350.75	3,591.68	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	10.24	S/ 350.75	3,591.68
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ²	51.20	S/ 57.05	2,921.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ²	51.20	S/ 57.05	2,921.04
ACERO fy=4200 kg/cm ²	kg	369.01	S/ 4.18	1,542.08	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	369.01	S/ 4.18	1,542.08
ALEROS			S/	3,733.57	ALEROS			S/	3,733.57
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	3.78	S/ 350.75	1,325.84	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	3.78	S/ 350.75	1,325.84
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ²	15.13	S/ 57.05	863.15	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ²	15.13	S/ 57.05	863.15
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	369.61	S/ 4.18	1,544.58	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	369.61	S/ 4.18	1,544.58
PRELOSA ALIGERADA H=0.20m			S/	32,939.07	LOSA ALIGERADA H=0.20			S/	34,702.07
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	18.47	S/ 350.75	6,479.91	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	20.65	S/ 350.75	7,242.99
COLOCACIÓN DE PRELOSA	m ²	235.94	S/ 2.56	604.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADA	m ²	235.94	S/ 53.96	12,732.03
SISTEMA PRE LOSA ALIGERADA E=20 CM	m ²	235.94	S/ 56.50	13,330.36	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	1,925.10	S/ 4.18	8,044.89
APUNTALAMIENTO PRELOSA	m ²	235.94	S/ 23.06	5,440.67	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 20X30X30CM PARA LOSA ALIGERADA	und	1,965.34	S/ 3.40	6,682.16
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	1,154.74	S/ 4.18	4,825.59					
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PRELOSA	kg	770.36	S/ 2.93	2,258.54					
PRE VIGAS			S/	71,379.24	VIGAS			S/	74,312.25
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	31.35	S/ 350.75	10,994.61	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² (T)	m ³	52.24	S/ 350.75	18,323.18
APUNTALAMIENTO PREVIGA	m	179.76	S/ 20.56	3,695.87	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	216.36	S/ 67.70	14,647.57
SISTEMA PREVIGA (H< 0.70 m)	m	179.76	S/ 74.00	13,302.24	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	9,892.78	S/ 4.18	41,341.50
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PREVIGA	kg	5,429.44	S/ 4.47	24,269.60					
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 COLOCADO EN PREVIGA	kg	4,463.34	S/ 4.18	18,656.74					
COLOCACIÓN DE PREVIGAS EN OBRA	m	179.76	S/ 2.56	460.19					
ARQUITECTURA									
SOLAQUEO DE LIMPIEZA Y SELLADO DE JUNTA ACABADO DE PRELOSA			S/	558.42	REVOQUES Y ENLUCIDOS			S/	10,101.94
SOLAQUEO Y SELLADO DE JUNTA PISO 13	m	93.07	S/ 6.00	558.42	TARRAJEO DE CIELORASO PISO 13	m ²	302.27	S/ 33.42	10,101.94
SOLAQUEO DE LIMPIEZA - ACABADO DE PREVIGAS			S/	1,735.21	TARRAJEO DE FONDO Y COSTADO DE VIGAS			S/	8,520.26
SOLAQUEO DE PREVIGAS PISO 13	m ²	216.36	S/ 8.02	1,735.21	TARRAJEO DE VIGAS PISO 13	m ²	216.36	S/ 39.38	8,520.26
REVOQUES Y ENLUCIDOS			S/	2,216.82					
TARRAJEO DE CIELORASO PISO 13	m ²	66.33	S/ 33.42	2,216.82					
COSTO DIRECTO					COSTO DIRECTO			COSTO DIRECTO	S. 139,424.88

4.4.5. Presupuesto total en sótanos con ambos sistemas

La evaluación económica de toda la subestructura (sótanos) se desarrolló a partir de la elaboración de presupuestos de costo directo total para el sistema convencional de losa aligerada-maciza y el sistema de prefabricados.

En el sistema de prelosas y previgas muestra un costo directo de S/ 849 578,06 frente a S/ 1,025,580.27 del sistema convencional, generando un ahorro de S/ 176,002.21, lo que representa un 17.16% por el uso del sistema prefabricado, como se ilustra en la Figura 60.

El uso de apuntalamiento para prelosas en comparación con el encofrado para losas convencionales mostró un ahorro de 59.28% en costo. De igual modo, la eliminación del ladrillo hueco simplificó la logística de obra, lo cual repercute en un menor consumo de materiales y mano de obra.

En el uso de las previgas se redujo aproximadamente la cantidad de concreto necesario en un 40 % en comparación con el volumen utilizado por vigas vertidas in situ, generando un ahorro de S/15,863.72. En este caso, sin embargo, el costo del acero en las previgas se incrementó en un 3.85 %, equivalente a S/2,855.85 debido a los procesos de colocación y corte que utiliza el subcontratista de prefabricados. Sin embargo, este sistema de prefabricado generó un ahorro neto del 9.63 %, con respecto al sistema convencional, que incluye tarrajeo, lo cual va aunado al apuntalamiento de previgas que ha mostrado una reducción del 69.63 % en costos en comparación con el encofrado convencional de vigas, lo cual se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5

Resumen comparativo de costos y beneficios de la subestructura (sótano 5 al sótano 1): sistema de prelosas vs. sistema convencional

Detalle	Sistema de Prelosas y Previgas	Sistema Convencional	Ahorro/Beneficio
Costo Directo Total	S/ 849,578.06	S/ 1,025,580.27	S/ 176,002.21 (17.16%)
Costo de /Encofrado de Prelosas (m ²)	S/ 23.06	S/ 57.05	S/ 33.99 (59.58%)
Costo del Encofrado y Apuntalamiento de Previgas (m)	S/ 20.56	S/ 67.70	S/ 47.14 (69.63%)
Volumen de Concreto en Previgas (m ³)	67.84 m ³	113.07 m ³	45.23 m ³ (40%)
Costo del Acero en Previgas	S/ 76,957.34	S/ 74,101.49	Incremento: S/ 2,855.85 (3.85%)
Costo de Tarajeo/Sellado	S/ 17,040.10	S/ 152,668.25	S/ 135,628.15
Ahorro Neto (Relacionado con Tarajeo en Previgas y prelosas)	-	-	9.63%

Figura 60

Presupuesto comparativo de todo el sótano (sótano 5 al sótano 1): sistema de prelosas vs. sistema de lasas convencionales

ESTRUCTURA SOTANO										
DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
SISTEMA DE PRELOSA					SISTEMA DE LASAS CONVENCIONALES					
SOTANO 5 AL SOTANO 1					SOTANO 5 AL SOTANO 1					
ESTRUCTURAS					ESTRUCTURAS					
LOSA MACIZAS H=0.25m					LOSA MACIZAS H=0.15 ; 0.20m; 0.25m					
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	30.50	S/ 350.75	10,697.88	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	250.59	S/ 350.75	87,894.44	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LASOS MACIZAS	m ²	122.00	S/ 57.05	6,959.98	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LASOS MACIZAS	m ²	1,236.24	S/ 57.05	70,526.26	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	1,839.92	S/ 4.18	7,690.87	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	25,371.21	S/ 4.18	106,051.66	
PRELOSA MACIZA h=0.15m; h=0.20m y h=0.25m					PRELOSA ALIGERADA H=0.25m					
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	170.46	S/ 350.75	59,788.85	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	264.72	S/ 350.75	92,850.80	
COLOCACIÓN DE PRELOSA	m ²	1,114.24	S/ 2.56	2,852.45	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PRELOSA (APUNTALAMIENTO)	m ²	2,645.62	S/ 53.96	142,765.59	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PRELOSA (APUNTALAMIENTO)	m ²	1,114.24	S/ 23.06	25,694.37	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	33,932.32	S/ 4.18	141,837.10	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	7,085.14	S/ 4.18	29,615.89	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PRELOSA	kg	22,038.01	S/ 3.53	77,794.19	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PRELOSA	kg	16,446.14	S/ 2.93	48,216.79	SISTEMA PRE LOSA MACIZA E=15cm, 20cm Y 25cm	m ²	1,114.24	S/ 43.50	48,469.44	
SISTEMA PRE LOSA ALIGERADA E=25 CM	m ²	2,645.62	S/ 63.00	166,674.06	VIGAS					
PRE VIGAS					VIGAS					
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² (T)	m ³	67.84	S/ 350.75	23,795.58	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	113.07	S/ 350.75	39,659.30	
APUNTALAMIENTO PREVIGA	m	553.29	S/ 20.56	11,375.64	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	582.44	S/ 67.70	39,431.19	
SISTEMA PREVIGA (H< 0.70 m)	m	553.29	S/ 74.00	40,943.46	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EN VIGA	kg	17,727.63	S/ 4.18	74,101.49	
ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PREVIGA	kg	9,847.77	S/ 4.47	44,019.53	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60 COLOCADO EN PREVIGA	kg	7,879.86	S/ 4.18	32,937.81	
COLOCACIÓN DE PREVIGAS EN OBRA	m	553.29	S/ 2.56	1,416.42	ARQUITECTURA					
ARQUITECTURA					ARQUITECTURA					
SOLAQUEO DE LIMPIEZA Y SELLADO DE JUNTA ACABADO DE PRELOSA			S/ 8,291.69	REVOQUES Y ENLUCIDOS				S/ 129,731.76		
SOLAQUEO Y SELLADO DE JUNTA-SOTANOS	m	1,381.95	S/ 6.00	8,291.69	TARRAJEO DE CIELORASO -SOTANOS	m ²	3,881.86	S/ 33.42	129,731.76	
SOLAQUEO DE LIMPIEZA - ACABADO DE PREVIGAS			S/ 4,671.17	TARRAJEO DE FONDO Y COSTADO DE VIGAS				S/ 22,936.49		
SOLAQUEO DE PREVIGAS -SOTANOS	m ²	582.44	S/ 8.02	4,671.17	TARRAJEO DE VIGAS TORRE	m ²	582.44	S/ 39.38	22,936.49	
REVOQUES Y ENLUCIDOS			S/ 4,077.24							
TARRAJEO DE CIELORASO -SOTANOS	m ²	122.00	S/ 33.42	4,077.24						
COSTO DIRECTO					COSTO DIRECTO					
			S/ 849,578.06					S/ 1,025,580.27		

4.4.6. Presupuesto Total de la Torre Estructural

La evaluación económica de la torre estructural (28 pisos + azotea) se desarrolló a partir de la elaboración de presupuestos de costo directo total para el sistema convencional de losa aligerada-maciza y el sistema de prefabricados.

Con el sistema de prelosas y previgas se muestra un costo directo es de S/ 3,652,323.93 frente a S/ 4,205,687.42 del sistema convencional, generando un ahorro de S/ 553,363.49, que representa un 13.15 % en el costo directo por el uso de prefabricados en la torre del edificio, como se ilustra en la Figura 61.

El uso de apuntalamiento para prelosas aligeradas, en comparación con el encofrado para lasas convencionales, mostró un ahorro de 57.27 % en costo. De igual modo, la eliminación del ladrillo hueco simplificó la logística de obra, lo cual repercute en un menor consumo de materiales y mano de obra.

En el uso de las previgas, se redujo un 40 % la cantidad de concreto necesario en comparación con el volumen utilizado por vigas vertidas in situ. En este caso, sin embargo, el costo del acero en las previgas se incurrió en una mayor proporción del 3.73%, equivalente a S/44,613.75 debido a los procesos de colocación y corte que utiliza el subcontratista de prefabricados. Sin embargo, este sistema generó un ahorro neto del 12.10 %, con respecto al convencional, que incluye tarrajeo, lo cual se complementa con el apuntalamiento de previgas, que ha mostrado una reducción del 69.63 % en costos en comparación con el encofrado convencional de vigas, lo cual se indica en la Tabla 6.

Tabla 6

Resumen comparativo de costos y beneficios de la torre (piso 1 al piso 28 y azotea): sistema de prelosas vs. sistema convencional

Detalle	Sistema de Prelosas y Previgas	Sistema Convencional	Ahorro/Beneficio
Costo Directo Total	S/ 3,652,323.93	S/ 4,205,687.42	S/ 553,363.49 (13.15%)
Costo de Encofrado de Prelosas Aligerada (m ²)	S/ 23.06	S/ 53.96	S/ 30.90 (57.27%)
Costo del Encofrado y Apuntalamiento de Previgas (m)	S/ 20.56	S/ 67.70	S/ 47.14 (69.63%)
Volumen de Concreto en Previgas (m ³)	899.05m ³	1,498.42m ³	599.37 m ³ (40%)
Costo del Acero en Previgas	S/ 1,240,088.79	S/ 1,195,475.04	Incremento: S/ 44,613.75 (3.73%)
Ahorro Neto en acabado (Ajustado)	-	-	S/ 508,749.74 (12.10%)
Volumen Total de Concreto (m ³)	2,062.46 m ³	2,722.08 m ³	659.62 m ³ (24.23%)
Costo de Tarajeo/Sellado	S/ 142,920.30	S/ 558,508.93	S/ 415,588.63

Figura 61

Presupuesto comparativo de toda la torre (piso 1 al piso 28 y azotea): sistema de prelosas vs. sistema de losas convencionales

ESTRUCTURA TORRE											
DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL		
SISTEMA DE PRELOSA					SISTEMA DE LOSAS CONVENCIONALES						
PISO 1 AL PISO 28+ AZOTEA					PISO 1 AL PISO 28+ AZOTEA						
ESTRUCTURAS											
LOSA MACIZAS H=0.20 m				S/ 254,325.59	LOSA MACIZAS H=0.20 m				S/ 254,325.59		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ³	314.07	S/ 350.75	110,160.05	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ³	314.07	S/ 350.75	110,160.05		
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	m ²	1,570.35	S/ 57.05	89,586.90	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	m ²	1,570.35	S/ 57.05	89,586.90		
ALEROS EN LOSAS				S/ 209,373.25	ALEROS EN LOSAS				S/ 209,373.25		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ³	290.00	S/ 350.75	101,717.50	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ³	290.00	S/ 350.75	101,717.50		
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	m ²	693.26	S/ 57.05	39,549.79	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	m ²	693.26	S/ 57.05	39,549.79		
ALEROS EN LOSAS				S/ 16,297.36	ALEROS EN LOSAS				S/ 16,297.36		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ³	290.00	S/ 350.75	101,717.50	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ² ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m ³	290.00	S/ 350.75	101,717.50		
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	m ²	693.26	S/ 57.05	39,549.79	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	m ²	693.26	S/ 57.05	39,549.79		
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	16,297.36	S/ 4.18	68,105.97	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	16,297.36	S/ 4.18	68,105.97		
PRELISA ALIGERADA H=0.20m				S/ 987,649.35	LOSA ALIGERADA H=0.25				S/ 1,038,949.98		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	559.34	S/ 350.75	196,188.51	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	619.59	S/ 350.75	217,320.31		
COLOCACION DE PRELOSA	m ²	7,077.36	S/ 2.56	18,118.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADA	m ²	7,077.36	S/ 53.96	381,915.58		
SISTEMA PRE LOSA ALIGERADA E=20 CM	m ²	7,077.36	S/ 56.50	399,870.84	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	57,255.61	S/ 4.18	239,268.73		
APUNTALAMIENTO PRELOSA	m ²	7,077.36	S/ 23.06	163,203.92	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30CM PARA LOSA ALIGERADA	und	58,954.52	S/ 3.40	200,445.37		
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 PUESTO EN OBRA	kg	34,002.17	S/ 4.18	142,093.60							
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PRELOSA	kg	23,253.44	S/ 2.93	68,174.44							
PRE VIGAS				S/ 2,058,055.44	VIGAS				S/ 2,144,529.67		
CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	899.05	S/ 350.75	315,342.49	CONCRETO PREMEZCLADO, CEMENTO TIPO I, LOSAS Y VIGAS, f _c =245 kg/cm ²	m ³	1,498.42	S/ 350.75	525,570.82		
APUNTALAMIENTO PREVIGA	m	5,175.29	S/ 20.56	106,403.96	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m ²	6,255.30	S/ 67.70	423,483.81		
SISTEMA PREVIGA (H<= 0.70 m)	m	5,175.29	S/ 74.00	382,971.46	ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 EN VIGA	kg	286,070.20	S/ 4.18	1,195,475.04		
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 EMBEBIDO EN PREVIGA	kg	152,811.57	S/ 4.47	683,067.70							
ACERO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60 COLOCADO EN PREVIGA	kg	133,258.63	S/ 4.18	557,021.09							
COLOCACION DE PREVIGAS EN OBRA	m	5,175.29	S/ 2.56	13,248.74							
ARQUITECTURA					ARQUITECTURA						
SOLAQUEO DE LIMPIEZA Y SELLADO DE JUNTA ACABADO DE PRELOSA				S/ 17,102.94	REVOQUES Y ENLUCIDOS				S/ 312,175.22		
SOLAQUEO Y SELLADO DE JUNTA-TORRE	m	2,850.49	S/ 6.00	17,102.94	TARRAJEO DE CIELO RASO -TORRE	m ²	9,340.97	S/ 33.42	312,175.22		
SOLAQUEO DE LIMPIEZA - ACABADO DE PREVIGAS				S/ 50,167.51	TARRAJEO DE FONDO Y COSTADO DE VIGAS				S/ 246,333.71		
SOLAQUEO DE PREVIGAS-TORRE	m ²	6,255.30	S/ 8.02	50,167.51	TARRAJEO DE VIGAS TORRE	m ²	6,255.30	S/ 39.38	246,333.71		
REVOQUES Y ENLUCIDOS				S/ 75,649.85							
TARRAJEO DE CIELO RASO -TORRE	m ²	2,263.61	S/ 33.42	75,649.85							
COSTO DIRECTO				S/ 3,652,323.93	COSTO DIRECTO				S/ 4,205,687.42		

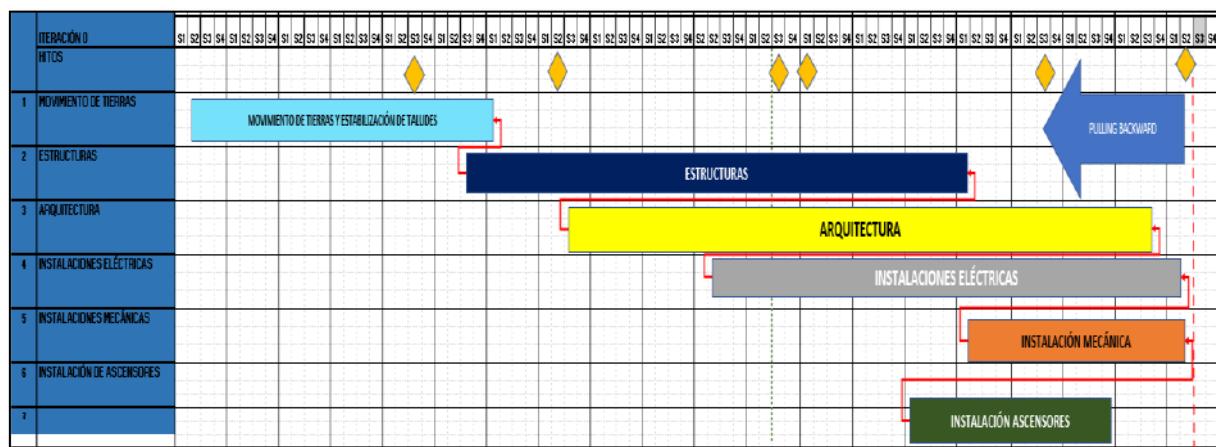
4.5. Análisis Last Planner:

4.5.1. Pull Planning del proyecto

En la Figura 62, se muestra el Pull Planing contractual del proyecto, el cual presenta de manera visual y gráfica una distribución general de las actividades a lo largo de las semanas. Esto se realiza en base al master plan, teniendo en consideración planificar desde el final hacia el presente. En este contexto, el cronograma contractual sirve como una referencia visual general del flujo de actividades.

Figura 62

Cronograma contractual referencial del proyecto mediante Pull Planning

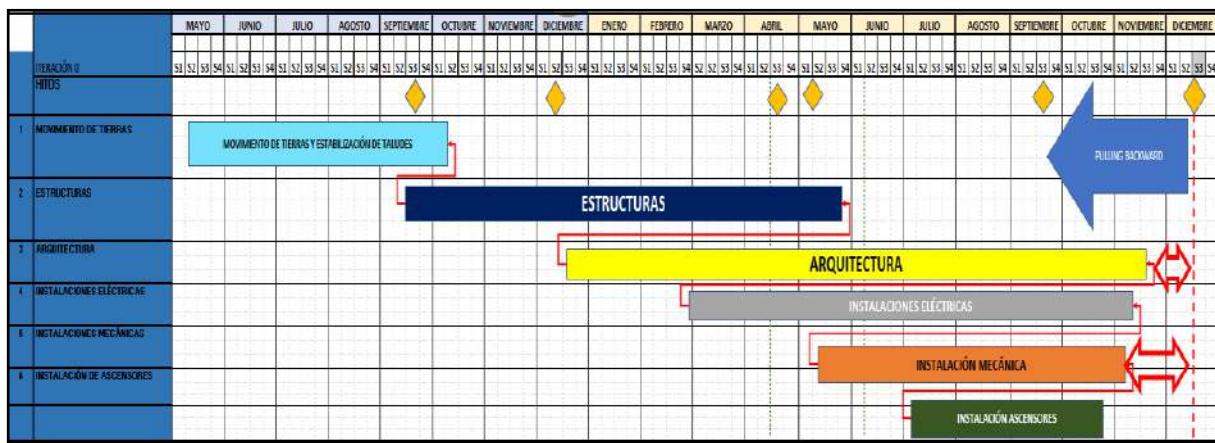


Nota. Este cronograma pertenece al plan contractual del proyecto, abarcando desde el Sótano 5 hasta el Piso 28 y azotea. Los diamantes amarillos indican hitos clave.

En la presente Figura 63, se presenta el Pull Planning real del proyecto, una herramienta imprescindible en la metodología Last Planner System , la cual busca optimizar la planificación y la coordinación entre las distintas especialidades, en base a una participación colaborativa de todos los involucrados en el proyecto.

Figura 63

Cronograma real del proyecto mediante Pull Planning (Last Planner System)



Nota. El cronograma refleja la planificación colaborativa entre especialidades como estructuras, arquitectura e instalaciones, siguiendo el Last Planner System.

El análisis compara dos cronogramas: uno contractual (referencial) y otro real, ajustado con el Last Planner System. Los hitos, representados por diamantes amarillos, se mantienen en las mismas semanas en ambos, lo que significa que se cumplieron los plazos planificados. Sin embargo, las duraciones de las tareas individuales variaron; esto refleja ajustes en el plazo en la ejecución del proyecto gracias a la metodología LPS, que refleja la optimización de recursos y la coordinación entre especialidades.

En la presente investigación se ha considerado un cronograma teórico estandarizado, libre de interferencias o retrasos por alguna condición no controlable, con el objetivo de comparar la eficiencia temporal de ambos sistemas constructivos.

En el sistema convencional, la ejecución del proceso constructivo de la subestructura (sótanos) se desarrolló en un lapso de 54 días laborales (véase el Anexo E), incluyendo el desencofrado de la losa hasta llegar al nivel 0+00. En el caso de la superestructura (torre estructural) tuvo una duración de 136 días laborales, contemplando también el desencofrado de losas, dicha distribución podemos verlo en el Anexo E.

En cambio, con el uso del sistema prefabricado de prelosas y previgas, la ejecución de los sótanos se realizó 52 días laborales, mientras que la torre se llevó a cabo en 120 días laborales (véase Anexo F).

Es importante recalcar que, debido a la superposición de actividades entre el desencofrado de sótanos y el inicio del desarrollo de partidas en la torre, se considera en el cómputo general una duración optimizada. Es decir, en el sistema convencional, el desarrollo del casco estructural se estima en 172 días laborales, mientras que con en el sistema prefabricado la duración se reduce a 154 días laborales, representando un ahorro neto de 18 días, equivalente al 10.47 % de tiempo total. A continuación, se muestra un cuadro resumen, como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7

Duración de ejecución del proyecto: sistema convencional vs. sistema prefabricado

ETAPA	SISTEMA CONVENCIONAL (días)	SISTEMA PREFABRICADO (días)	DIFERENCIA (días)	AHORRO (%L)
SÓTANOS	54	52	2	3.70%
TORRE ESTRUCTURAL	136	120	16	11.76%
TOTAL	172	154	18	10.47%

4.5.2. Análisis del Last Planner System en el Sótano 4 con el uso del sistema prefabricado

Figura 64

Look Ahead de elementos prefabricados en el sótano 4: registro del día 1 al día 6

Descripción Semana del Año	Semana 46					Semana 47	
	DIA	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1							
Trazo de vigas y verticales sobre losa	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5
Acero de verticales	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2							
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4
Encofrado de verticales	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4
Vaciado de concreto de verticales	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3							
Aputalamiento fondo de vigas	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3
Colocación de Previgas	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3
Habilitacion de acero en Vigas	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3
Encofrado para Prelosas (catre de puntales)	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3
Colocación de Prelosa	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4							
Acero en colocado en prelosa aligerada y maciza	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5							
Instalaciones en losa	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1
Vaciado de concreto horizontal	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6							
Desencofrado de lasos y vigas	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6

En la planificación del sótano 4 se realizó el look ahead , el cual se llevó a cabo siguiendo la secuencia constructiva mostrada en la Figura 64, que se estructuró en base a una sectorización de 6 frentes de vaciado, los cuales se ejecutan de forma secuencial en un lapso de 6 días.

En el día 3 de la secuencia constructiva, se realiza el apuntalamiento del fondo de previga y prelosas; estas actividades son críticas dentro del sistema prefabricado, ya que aseguran las condiciones estructurales necesarias para el montaje de los prefabricados, garantizando la estabilidad y alineamiento durante la instalación.

La adecuada planificación y coordinación de estas tareas entre los subcontratistas y el staff de obra, permite cumplir los plazos programados y aprovechar al máximo las ventajas del sistema prefabricado.

Durante la semana 46, en la cual se ejecutaron las actividades correspondientes al presente nivel, donde se registró un PPC semanal del 99 %, lo que refleja un alto nivel de cumplimiento de las actividades planificadas. De esta manera, el PPC acumulado del proyecto a la fecha alcanzó un 84 %, lo que evidencia una mejora progresiva en la eficiencia de la planificación y ejecución, como se ilustra en la Figura 65.

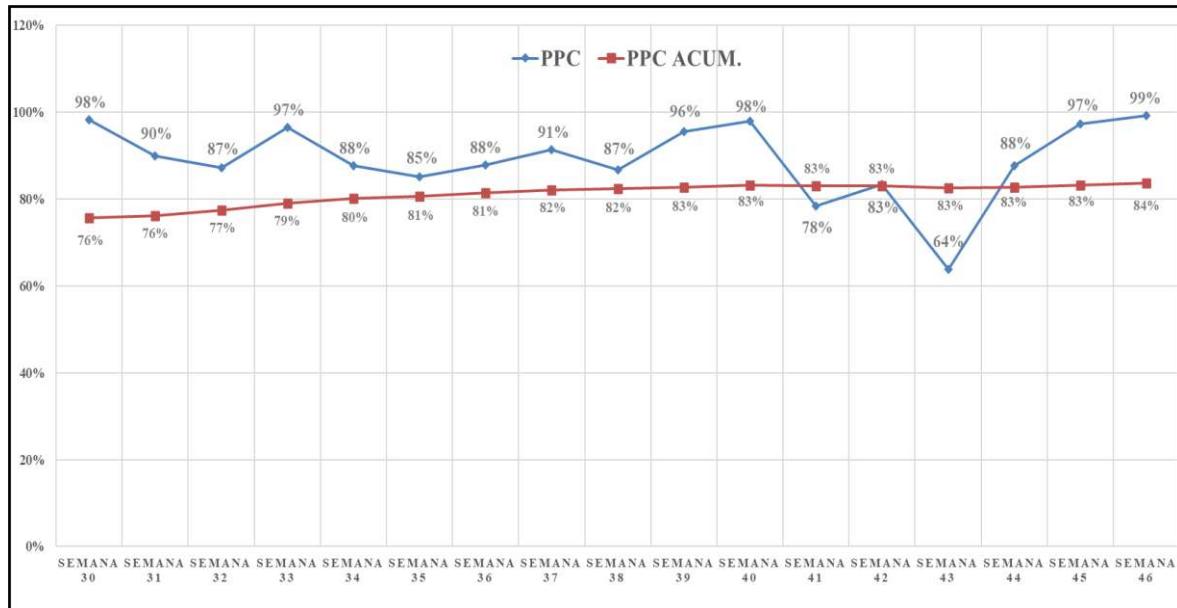
Figura 65

Porcentaje del Plan Completado (PPC) Semanal - Sótano 4

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO SEMANAL				
PPC ACUMULADO				
Semanas	Actividades Realizadas	Actividades No Cumplidas	PPC	PPC ACUM.
Semana 30	57	1	98%	76%
Semana 31	27	3	90%	76%
Semana 32	89	13	87%	77%
Semana 33	83	3	97%	79%
Semana 34	122	17	88%	80%
Semana 35	126	22	85%	81%
Semana 36	116	16	88%	81%
Semana 37	106	10	91%	82%
Semana 38	79	12	87%	82%
Semana 39	43	2	96%	83%
Semana 40	48	1	98%	83%
Semana 41	47	13	78%	83%
Semana 42	35	7	83%	83%
Semana 43	23	13	64%	83%
Semana 44	43	6	88%	83%
Semana 45	49.6	1.4	97%	83%
Semana 46	65.5	0.5	99%	84%

Figura 66

Gráfico del PPC semanal y acumulado en la construcción del sótano 4



En la figura 66, se presenta la evolución del PPC desde el inicio del proyecto hasta la semana 46. Se aprecia una tendencia creciente y sostenida, lo cual indica que las estrategias implementadas en la planificación a corto plazo (Look Ahead) y la aplicación de herramientas del Last Planner System han permitido mejorar la confiabilidad del cronograma.

Asimismo, en la Figura 67 se presenta el detalle las actividades programadas, además el análisis del único incumplimiento registrado correspondiente al sector 5. En este caso, la cuadrilla de acero no logró ingresar al área, debido a la falta de personal disponible por parte del subcontratista. Esta situación fue atendida y resuelta oportunamente, reprogramando el ingreso personal adicional para el siguiente sector, sin afectar de forma significativa la continuidad del flujo de trabajo ni el cumplimiento global de la semana.

Este desempeño refleja el trabajo conjunto y eficiente de todos los actores involucrados en el proyecto, fortaleciendo la cultura de compromiso y cumplimiento en obra.

Figura 67

Registro semanal del Porcentaje del Plan Completado (PPC) en la construcción

del sótano 4

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO													
NOMBRE DE PROYECTO: ETREA	PROPIETARIO:		INMOBILIARIA TETUAN					FECHA:		Nº DE HOJA:			
	UBICACION:		AV SALAVERRY 1810 JESUS MARIA										
Descripción de la Actividad	Actividades Realizadas	Actividades No realizadas	SEMANA A DESARROLLAR					ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO					
			L	M	Mi	J	V	SI	NO	<th>CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO</th> <th>MEDIDA CORRECTIVA</th>	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
<u>ESTRUCTURA SOTANOS</u>	-		-	-	-	-	-						
Trazo	5.00		X	X	X	X	X	X					
Aceros Verticales	5.00		X	X	X	X	X	X					
Intalaciones en Verticales	5.00		X	X	X	X	X	X					
Encofrado de Verticales	5.00			X	X	X	X	X	X				
Vaciado de verticales	5.00		X	X	X	X	X	X					
Encofrado de fondo de viga	5.00		X	X	X	X	X	X					
Aceros de viga	5.00		X	X	X	X	X	X					
Encofrado de costado de viga	5.00		X	X	X	X	X	X					
Encofrado de fondo de losa	5.00		X	X	X	X	X	X					
Colocación de Pre Losas	5.00		X	X	X	X	X	X					
Aceros de losa	5.50	0.50	X	X	X	X	X	X	X	SC	NO SE REALIZO EL INGRESO AL INICIO DEL STO SECTOR SEGÚN LO PROGRAMADO	LA SCTRAJO A UN OPERARIO Y UN AYUDANTE MAS, PARA QUE ESTE HECHO NO VUELVA A OCURRIR EN EL SGTE SECTOR.	
Instalaciones en losa	5.00		X	X	X	X	X	X					
Vaciado de losa	5.00		X	X	X	X	X	X					
ANALISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)								65.50	0.50				
								99%	1%				

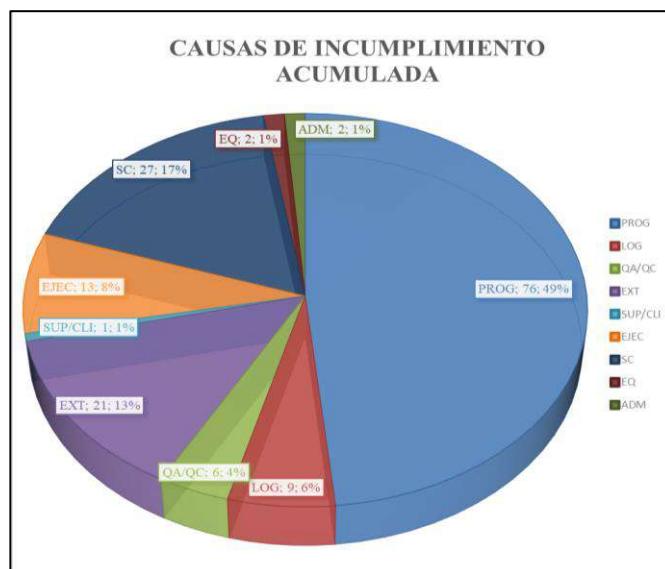
Figura 68

Análisis de incumplimientos acumulados en la construcción del sótano 4 del proyecto

ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADO									
SEMANAS	PROG	LOG	QA/QC	EXT	SUP/CLI	EJEC	SC	EQ	ADM
Semana 18									1
Semana 19									1
Semana 20									
Semana 21				1				1	
Semana 22									
Semana 23		5			1				
Semana 24	1	1				7			
Semana 25	1	1				6			
Semana 26							1		
Semana 27				9					
Semana 28	7								
Semana 29									
Semana 30						1			
Semana 31	1								
Semana 32	7						1		
Semana 33	3								
Semana 34				11					
Semana 35	16								
Semana 36						15			
Semana 37	8					2			
Semana 38	3	2					1		
Semana 39	2								
Semana 40	1								
Semana 41	8								
Semana 42	7								
Semana 43	4		6						
Semana 44						5			
Semana 45							1		
Semana 46							1		

Figura 69

Distribución porcentual de las causas de incumplimiento acumulado hasta la ejecución del sótano 4



Cabe resaltar que, a partir de la semana 43, se observa una tendencia decreciente en la cantidad de incumplimientos, lo que evidencia una mejora progresiva en la planificación, coordinación y gestión colaborativa por parte del equipo de obra.

Las Figura 68 y en la Figura 69 muestran un diagrama circular correspondiente al análisis acumulado de causas de incumplimiento desde el inicio del proyecto hasta la semana en mención. En este gráfico se aprecia que la causa predominante ha sido la programación (PROG), representando un 49 % del total de incidencias (76 casos), seguida por problemas asociados al subcontratista (SC) con 27 casos (17 %), y factores externos (EXT) con 21 casos (13 %). Otras categorías relevantes incluyen ejecución (EJEC), logística (LOG), y calidad/aseguramiento (QA/QC) .

La comparación entre ambas figuras evidencia una disminución progresiva en la frecuencia y diversidad de causas de incumplimiento, lo cual es indicativo de una maduración y mejora continua en el sistema de planificación y control del proyecto, así como de un mayor alineamiento entre los actores involucrados. Esta mejora continua ha contribuido a mantener altos niveles de PPC (Porcentaje de Plan Completado) y a garantizar una ejecución más eficiente en las fases recientes del cronograma.

Figura 70

Catálogo de causas de incumplimiento en la construcción del sótano 4 del proyecto

CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO			
PROGRAMACION(PROG)	LOGISTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTERNOS (EXT)
Todas las causas que implican: *Errores o cambios en la programación. *Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación. *Mala asignación de recursos. *Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.	Todas las causas que implican: *Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por Producción.	Todas las causas que implican: *La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc) *Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.	Todas las causas que implican: *Retrasos por razones climáticas extraordinarias. *Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.
CLIENTE/SUPERVISIÓN (CLI)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	SUBCONTRATAS (SC)	
Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc).	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrasos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.	
EQUIPOS (EQ)	ADMINISTRATIVOS (ADM)		
Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.	Todas las causas que implican: *No llegada del personal especializado (incluido subcontratos). *Falta de permisos y licencias.		

De acuerdo con la información presentada, se muestra el análisis de restricciones correspondiente al proyecto, el cual constituye una herramienta fundamental dentro del sistema de planificación y control de obra. Este análisis es abordado en cada reunión semanal con la participación del equipo de obra, incluyendo al staff técnico y a los subcontratistas, con el propósito de identificar y gestionar oportunamente los obstáculos que podrían impedir o afectar el desarrollo de las actividades programadas.

En dicho análisis se detallan las restricciones asociadas a cada actividad planificada, como, por ejemplo: permisos municipales, disponibilidad de equipos especializados, entrega de planos, interferencias de frentes de trabajo, y disponibilidad de materiales y personal, como se ilustra en la Figura 71. Cada restricción cuenta con una descripción específica, una fecha requerida en obra y un responsable asignado, lo que permite su seguimiento y resolución efectiva. Este proceso preventivo contribuye directamente a mejorar el porcentaje de

cumplimiento del plan (PPC), minimizar reprogramaciones y asegurar la continuidad del flujo de trabajo, reduciendo las causas de incumplimiento identificadas en el catálogo que se presenta en la Figura 70.

Figura 71

Análisis de restricciones y recursos del proyecto

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS							
NOMBRE DE PROYECTO:			PROPIETARIO:	FECHA:		Nº HOJA	
Código	Und	Metrado	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable
1	1	gib	<i>Resolucion de Anexo H</i>	06-May-22	La municipalidad no esta brindando la resolucion del anexo H, indicando que solo falta la firma de la arquitecta de la Municipalidad.	11-May-22	KM
2	1	gib	<i>Resolucion de Permiso de Vias</i>	06-May-22	La municipalidad esta tomando los 45 dias calendarios para la respuesta al permiso de vías	13-May-22	KM
3	1	gib	<i>Llegada de equipos de Perforacion e Inyeccion (Flesan)</i>	20-May-22	Llegada de los Equipos de Flesan para los trabajos en el Primer anillo	13-May-22	JC
4	1	gib	<i>Llegada de Acero</i>	23-May-22	Llegada de material de acero a obra	23-May-22	LB
5	1	gib	<i>Llegada de material Encofrado</i>	24-May-22	Llegada de material de encofrado a obra	24-May-22	JC
6	1	gib	<i>Vaciado de concreto</i>	26-May-22	Se ha realizado la programación de pedido de concreto con para los vaciados a realizarse	26-May-22	JC
7	1	gib	<i>Retiro de equipos de Perforacion e Inyeccion</i>	27-May-22	Debido a la culminación de la perforación del primer anillo, se está retirando los equipos de Flesan, hasta que se programe el ingreso para el segundo anillo	27-May-22	JC
8	1	gib	<i>Reubicacion de Casetas de Ventas</i>	14-Jun-22	Se reubicara en los muros ya vaciados en el eje L	14-Jun-22	JC
9	1	gib	<i>La no respuesta aun al RDI N°1</i>	31-May-22	Como respuesta formal no se tiene solo se ha visto los cambios con reuniones directas con los proyectistas los que han enviado los detalles	31-May-22	KM
10	1	gib	<i>Exceso de Material de eliminacion en obra</i>	14-Jun-22	Se ha tenido que paralizar los trabajos de vaciados los días 14/06 y 15/06 por motivos de eliminación de material	14-Jun-22	JC
11	1	gib	<i>Llegada de equipos de eliminacion</i>	22-Jun-22	Se debe eliminar material por motivo de exceso que se tiene en obra	17-Jun-22	JC
12	1	gib	<i>Trabajos de Pavimentacion en Av. Salaverry</i>	27-Jun-22	La municipalidad comenzó a realizar los trabajos de asfaltado en la Av Salaverry	29-Jun-22	
13	1	gib	<i>Cambio de Ejecucion de muro</i>	07-Jul-22	Por temas de seguridad con respecto a la diferencia de niveles de acabado en los muros 2.01 y 2.20, se optó por adelantar la escuadra donde se encuentra la placa 6 y además del cambio del muro 3.15 se cambio para dar prioridad a la eliminación	07-Jul-22	JC
14	1	gib	<i>Eliminacion con un solo equipo de retro excavadora en campo</i>	03-Ago-22	Para la abertura de muros, al tener solo una maquina excavadora la cual no se abastece para alcanzar material para eliminación y para abertura de muros, se complica en parte para la apertura de estas, al estar a una profundidad mayor	05-Ago-22	JC
15	1	gib	<i>Falla en equipo de perforacion</i>	02-Ago-22	El equipo de perforación ha tenido fallas mecánicas que impedia su avance correspondiente	03-Ago-22	JC
16	1	gib	<i>Paralizacion de Obra</i>	18-Ago-22	Se realizó visita de Municipalidad la cual tuvo observaciones de seguridad la que procedieron en paralización de obra durante horas de la tarde	18-Ago-22	KM
17	1	gib	<i>Permiso de uso de vías de parte de la Municipalidad de Lima</i>	15-Set-22	Se está a la espera de la respuesta de la Municipalidad de Lima con respecto al permiso para el montaje de la Torre Grua	15-Set-22	KM
18	1	gib	<i>Único no cumplio con enviar el concreto programado a obra</i>	05-Set-22	Único no realizó el despacho completo a obra con respecto al concreto	05-Set-22	JC
19	1	gib	<i>Tendido de Acero en Losas</i>	27-Oct-22	Sub Contratista de acero, no cumple con los acuerdos dados, para las partidas y elementos asignados de los trabajos de la semana.	27-Oct-22	JC
20	1	gib	<i>Colocacion de Pre Losas</i>	27-Oct-22	Debido a que la sub contratista de acero no cumplió con el avance contemplado para las verticales del sector 2, es por ello que no se colocó las pre losas designadas ademas para ese sector.	27-Oct-22	JC
21	1	gib	<i>Vaciado de Verticales</i>	28-Oct-22	Lo generado al no cumplimiento de lo programado como verticales, es por motivo como se ha indicado del no cumplimiento de la sub contrata de acero	28-Oct-22	JC
22	1	gib	<i>Detalle de Corte N</i>	02-Nov-22	Verificando la colocación de acero en campo, con respecto al corte N, se identifica una dificultad de instalación ya que el lugar indicado se encuentra un confinamiento de acero debido al muro pantalla, por ello después de consultar con el Ing. Estructural se buscó otra alternativa de instalación que corresponda a conectores de tope.	04-Nov-22	JC
23	1	gib	<i>Colocacion de Pre Losas</i>	11-Nov-22	La colocación de las pre losas del techo del sótano 4 Sector 3, estaba programado instalarlas desde las 9 am, la cual por temas de coordinación de Betondecken hubo un error y llegó las pre losas por la tarde, a pesar de ello se pudo cumplir con lo programado para vaciar para el día 12/11	11-Nov-22	JC

4.5.3. Análisis del Last Planner System en el Piso 13 con el uso del sistema prefabricado

Figura 72

Look Ahead de elementos prefabricados en el piso 13: registro del día 1 al día 6

Descripción Semana del Año	DIA	Semana 9					Semana 10				
		50.00	51.00	52.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1											
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3
Aceros de verticales	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2											
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2
Encofrado de verticales	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2
Vaciado de concreto de verticales	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3											
Encofrado y apuntalamiento de previgas	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1
Encofrado para prelosas (catre de puntales)	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4											
Habilitación de acero en Vigas	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
Colocación de Previgas	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
Colocación de Prelosa	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5											
Aceros en prelosa (aligerada y maciza)	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3
Vaciado de concreto horizontal	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6											
Desencofrado de losa	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2

Para el piso 13, la planificación se estructuró mediante el enfoque Look Ahead, con una sectorización de cuatro frentes de vaciado, los cuales fueron programados para ejecutarse de forma secuencial en un plazo de seis días, como se presenta en la Figura 72.

Durante el día 3 de la secuencia constructiva, se priorizó la ejecución del apuntalamiento de fondo para previgas, así como la instalación del encofrado tipo “catre” con puntales metálicos, necesario para la colocación posterior de las prelosas. Esta etapa es fundamental para asegurar la estabilidad del sistema prefabricado antes del montaje.

En el día 4, se ejecutaron las actividades clave de colocación de previgas y prelosas, la habilitación del acero de refuerzo en vigas, y la instalación de especialidades técnicas como redes eléctricas, sanitarias, de gas y ACI. Esta secuencia fue diseñada estratégicamente para evitar la sobrecarga operativa de las cuadrillas, distribuyendo el trabajo entre ambos días, a diferencia de lo aplicado en el sótano 4, donde estas actividades se concentraban en un solo día debido a la sectorización en seis frentes.

La decisión de reducir la sectorización de seis sectores en sótano a cuatro sectores en el piso 13 responde tanto a criterios técnicos como logísticos, considerando la geometría y magnitud del nivel, el avance acumulado del proyecto y la necesidad de mantener un ritmo constructivo constante sin generar cuellos de botella en los frentes de trabajo.

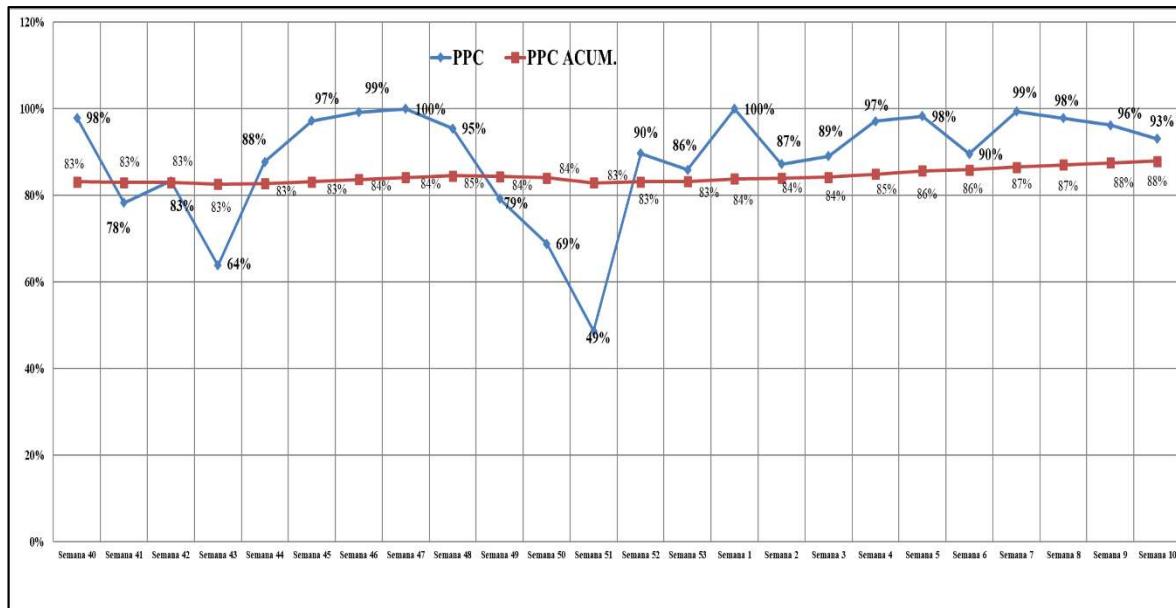
Figura 73

Porcentaje del Plan Completado (PPC) semanal - piso 13

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO SEMANAL				
PPC ACUMULADO				
Semanas	Actividades Realizadas	Actividades No Cumplidas	PPC	PPC ACUM.
Semana 40	48	1	98%	83%
Semana 41	47	13	78%	83%
Semana 42	35	7	83%	83%
Semana 43	23	13	64%	83%
Semana 44	43	6	88%	83%
Semana 45	49.6	1.4	97%	83%
Semana 46	65.5	0.5	99%	84%
Semana 47	65.5		100%	84%
Semana 48	63.5	3	95%	85%
Semana 49	49.5	13	79%	84%
Semana 50	31	14	69%	84%
Semana 51	37	39	49%	83%
Semana 52	61	7	90%	83%
Semana 53	61	10	86%	83%
Semana 1	100		100%	84%
Semana 2	89	13	87%	84%
Semana 3	131	16	89%	84%
Semana 4	152.5	4.5	97%	85%
Semana 5	173	3	98%	86%
Semana 6	172	20	90%	86%
Semana 7	161	1	99%	87%
Semana 8	181	4	98%	87%
Semana 9	204	8	96%	88%
Semana 10	229	17	93%	88%

Figura 74

Gráfico del PPC semanal y acumulado en la construcción del piso 13



Durante la semana 9 y 10, en las que se ejecutaron las actividades correspondientes al piso 13 se registró un PPC semanal del 96 y 93 %, reflejando un alto nivel de cumplimiento de las actividades planificadas. De manera acumulada, el PPC del proyecto alcanzó un 88 %, lo que evidencia una mejora progresiva en la eficiencia de la planificación y ejecución, como se ilustra en la Figura 73.

En la figura 74, se presenta la evolución gráfica del Porcentaje de Plan Completado (PPC) a lo largo del proyecto, destacando especialmente el periodo comprendido entre la semana 46 del año en curso y la semana 9 del año siguiente. En este intervalo, se observa una tendencia creciente y sostenida en el nivel de cumplimiento de las actividades planificadas, lo que refleja una mejora en la eficiencia de la planificación y ejecución.

Cabe señalar que durante la semana 51 se produjo una caída puntual en el PPC, asociada a la ejecución del piso 1, el cual presentó condiciones particulares al tratarse de una doble altura. Esta condición implicó una mayor complejidad geométrica, una distribución estructural

y arquitectónica más exigente, lo que generó mayores tiempos de ejecución y la necesidad de levantar restricciones técnicas adicionales.

Superada esta etapa crítica, el proyecto retomó su ritmo de avance con una tendencia positiva, impulsada por la mejora continua de los procesos, el fortalecimiento del análisis de restricciones y una mejor coordinación entre las áreas operativas y los subcontratistas.

Figura 75

Registro semanal del porcentaje del Plan Completado (PPC) en la construcción del piso 13-

Semana 9

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO															
NOMBRE DE PROYECTO: ETREA	PROPIETARIO: UBICACION:			INMOBILIARIA TETUAN AV SALAVERRY 1810 JESUS MARIA				FECHA: Nº DE HOJA:							
	Descripción de la Actividad	Und	Actividades Realizadas	Actividades No realizadas	SEMANA A DESARROLLAR					ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO					
ESTRUCTURA TORRE					L	M	Mi	J	V	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
Trazo			5.00		X	X	X	X	X	X					
Aceros Verticales			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Instalaciones en Verticales			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Encofrado de Verticales			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Vaciado de verticales			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Encofrado de fondo de viga			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Encofrado de fondo de losa			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Colocacion de Pre Viga			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Colocacion de Pre Losas			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Aceros de viga			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Instalaciones en losa			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Aceros de losa			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Vaciado de losa			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
Desencofrado de losa			5.00		X	X	X	X	X	X	X				
ANALISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)										204.00	8.00				
										96%	4%				

Figura 76

Registro semanal del Porcentaje del Plan Completado (PPC) en la construcción del Piso 13

– semana 10

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO															
NOMBRE DE PROYECTO: ETREA	PROPIETARIO: UBICACION:		INMOBILIARIA TETUAN AV SALAVERRY 1810 JESUS MARIA					FECHA: Nº DE HOJA:		ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO					
Descripción de la Actividad	Und	Actividades Realizadas	Actividades No realizadas	SEMANA A DESARROLLAR					SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA		
				L	M	M	J	V							
ESTRUCTURA TORRE															
Trazo		4.00	1.00	X	X			X	X	X	SUP/CLI	Debido a que el dia Miércoles 08/03 llegó una actualización de planos con respecto a instalaciones ACI en losa, se consideró no vaciar losa, la cual atrasó un dia en verticales.	Se coordinó con la Oficina Central que los cambios en planos puedan avisamos con anticipación de una semana, den seguimiento y se pida interesarla a los RDEs solicitados.		
Aceros Verticales		5.00		X	X	X	X	X	X						
Instalaciones en Verticales		4.00		X	X	X	X	X	X						
Encofrado de Verticales		5.00		X	X	X	X	X	X						
Vaciado de verticales		4.00	1.00	X	X	X		X	X	X	SUP/CLI	Debido a que el dia Miércoles 08/03 llegó una actualización de planos con respecto a instalaciones ACI en losa, se consideró no vaciar losa, la cual atrasó la siguiente actividad.	Se coordinó con la Oficina Central que los cambios en planos puedan avisamos con anticipación de una semana, den seguimiento y se pida interesarla a los RDEs solicitados.		
Encofrado de fondo de viga		4.00	1.00	X	X	X	X		X	X	SUP/CLI	Debido a que el dia Miércoles 08/03 llegó una actualización de planos con respecto a instalaciones ACI en losa, se consideró no vaciar losa, la cual atrasó la siguiente actividad.	Se coordinó con la Oficina Central que los cambios en planos puedan avisamos con anticipación de una semana, den seguimiento y se pida interesarla a los RDEs solicitados.		
Encofrado de fondo de losa		5.00		X	X	X	X	X	X						
Colocación de Pre Viga		5.00		X	X	X	X	X	X						
Colocación de Pre Losas		5.00		X	X	X	X	X	X						
Aceros de viga		5.00		X	X	X	X	X	X						
Instalaciones en losa		5.00		X	X	X	X	X	X						
Aceros de losa		5.00		X	X	X	X	X	X						
Vaciado de losa		4.00	1.00	X	X	X	X		X	X	SUP/CLI	Debido a que el dia Miércoles 08/03 llegó una actualización de planos con respecto a instalaciones ACI en losa, se consideró no vaciar losa, la cual atrasó la siguiente actividad.	Se coordinó con la Oficina Central que los cambios en planos puedan avisamos con anticipación de una semana, den seguimiento y se pida interesarla a los RDEs solicitados.		
Desencofrado de Losa		4.00	1.00		X	X	X	X	X	X	SUP/CLI	Debido a que el dia Miércoles 08/03 llegó una actualización de planos con respecto a instalaciones ACI en losa, se consideró no vaciar losa, la cual atrasó la siguiente actividad.	Se coordinó con la Oficina Central que los cambios en planos puedan avisamos con anticipación de una semana, den seguimiento y se pida interesarla a los RDEs solicitados.		
ANALISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)												229.00	17.00		
												93%	7%		

Entre la semana 9 y la semana 10, correspondientes a la ejecución del piso 13, se evaluó el cumplimiento de las actividades programadas mediante el análisis gráfico. Como se observa en la Figura 75, se observa que durante la semana 9 no se presentaron inconvenientes significativos, lográndose cumplir con las actividades programadas relacionadas con el casco estructural, de acuerdo con el cronograma establecido.

Sin embargo, como se presenta en la Figura 76, correspondiente a la semana 10, se identifica una causa de incumplimiento atribuida al CLIENTE/SUPERVISIÓN, debido a modificaciones realizadas en los planos del sistema de Agua Contra Incendio (ACI), particularmente en el recorrido de las tuberías. Este cambio, no previsto en la planificación

inicial, generó impactos en cadena, retrasando actividades críticas como el trazo en losa, el encofrado, y el vaciado del elemento estructural, lo que afectó el ritmo de trabajo programado.

Figura 77

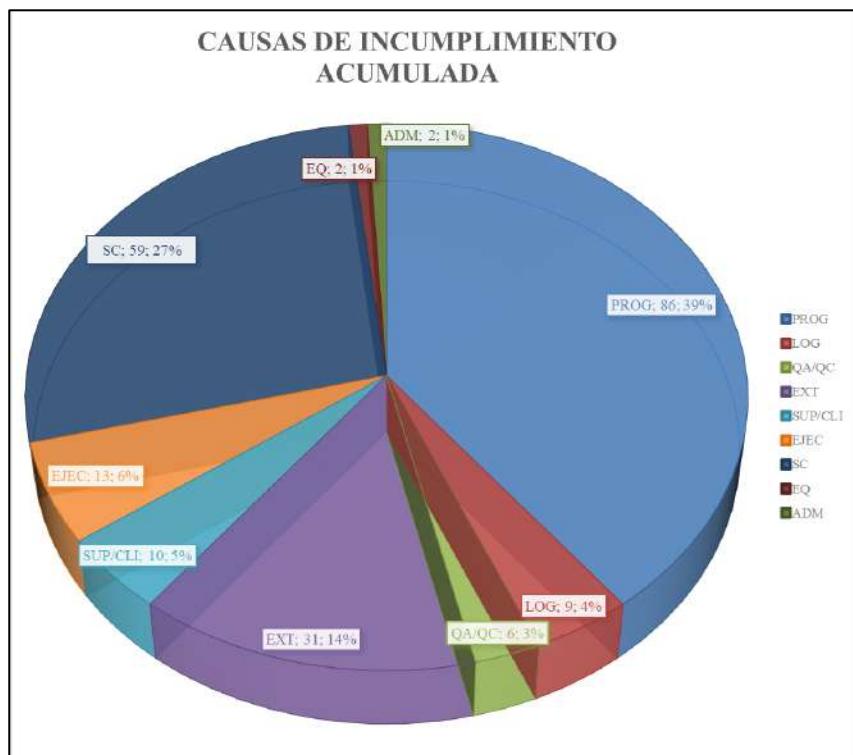
Análisis de incumplimientos acumulados en la construcción del piso 13 del proyecto

ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADO									
SEMANAS	PROG	LOG	QA/QC	EXT	SUP/CLI	EJEC	SC	EQ	ADM
Semana 30							1		
Semana 31	1								
Semana 32	7							1	
Semana 33	3								
Semana 34				11					
Semana 35	16								
Semana 36							15		
Semana 37	8							2	
Semana 38	3	2						1	
Semana 39	2								
Semana 40	1								
Semana 41	8								
Semana 42	7								
Semana 43	4		6						
Semana 44							5		
Semana 45								1	
Semana 46								1	
Semana 47									
Semana 48							3		
Semana 49	2							7	
Semana 50	2							4	
Semana 51									
Semana 52									
Semana 53							4		
Semana 1									
Semana 2				10				1	
Semana 3								4	
Semana 4	3							1	
Semana 5									
Semana 6					4			1	
Semana 7								1	
Semana 8								3	
Semana 9								3	
Semana 10	3				5				

Como medida correctiva, se estableció un procedimiento de coordinación directa con la Oficina Central, solicitando que las revisiones de planos y observaciones se realicen de manera interdiaria y que cualquier modificación proyectada sea comunicada con al menos una semana de anticipación. Asimismo, se solicitó mayor agilidad en la revisión y respuesta a los RDI (Requerimientos de Información) enviados, con el fin de garantizar la toma de decisiones técnicas dentro de los plazos requeridos para no afectar la continuidad del proyecto.

Figura 78

Distribución porcentual de las causas de incumplimiento acumulado hasta la ejecución del piso 13



El análisis de incumplimiento acumulado, como se observa en la Figura 77 , presenta el registro cuantitativo de las actividades que no lograron ejecutarse según lo programado a lo largo de las semanas. Se identifican como causas principales de incumplimiento aquellas relacionadas con la programación (PROG), las subcontratas (SC), el cliente/supervisión (SUP/CLI), y los factores externos (EXT).

De acuerdo con la información consolidada en la Figura 78, se observa que:

- La programación (PROG) es la principal causa de incumplimiento, con un total de 86 incidencias, lo que representa el 39 % del total acumulado.

- Le sigue la categoría Subcontratas (SC), con 59 casos, equivalente al 27 % del total.
- Los factores externos (EXT) suman 31 incumplimientos, es decir, un 14 %.
- La logística (LOG) registró 9 casos (4 %), mientras que el área de control de calidad (QA/QC) tuvo 6 casos (3 %).
- Cliente/Supervisión (SUP/CLI) acumuló 10 casos (5 %).
- Finalmente, las categorías equipos (EQ) y administración (ADM) presentaron 2 casos cada una (1 %).

A pesar de este acumulado, el comportamiento semanal muestra una tendencia decreciente en la cantidad de incumplimientos, lo cual refleja una mejora sostenida en la gestión de la planificación, el control de restricciones y la coordinación operativa.

Este comportamiento es consistente con la implementación progresiva de herramientas de planificación colaborativa como el Look Ahead, el Last Planner System y el análisis de restricciones, los cuales han fortalecido la capacidad de anticipar, gestionar y resolver interferencias antes de que afecten el cronograma general del proyecto.

Figura 79

Análisis de restricciones del proyecto hasta la ejecución del piso 13

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS							
NOMBRE DE PROYECTO: UTREA			PROPIETARIO:	FECHA:	Nº HOJA:		
Código	Und	Metrodo	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable
45	1	glb	Telescopaje de Torre Grua	16-Feb-23	Se realizará el telescopaje de la torre grua en la losa del piso 10	16-Feb-23	JC
47	1	glb	Planos de Sub Estacion Electrica	19-Nov-22	El sector donde se ubicara la Sub Estacion Electrica no se realizará debido a la falta de los planos.	19-Nov-22	CANTABRIA
48	1	glb	Telescopaje de Torre Grua	16-Feb-23	Se realizará el telescopaje de la torre grua en la losa del piso 10 / Se paralizará los trabajos de a torre grua 16 y 17 de febrero	16-Feb-23	JC
50	1	glb	Planos de Sub Estacion Electrica	19-Nov-22	El sector donde se ubicara la Sub Estacion Electrica no se realizará debido a la falta de los planos.	19-Nov-22	CANTABRIA
51	1	glb	Respuesta RDI 96	15-Feb-23	Para continuar con el asentado del ladrillo en sotano 1, falta detalles tanto para la existencia de un parapeto o una viga, la cual servirán para el alcance de ladrillo de doble altura	15-Feb-23	CANTABRIA / PMS
52	1	glb	Telescopaje de Placing	21-Feb-23	Se realizará el telescopaje de la placing para poder avanzar con el vaciado en losas	21-Feb-23	JC
53	1	glb	Telescopaje de Placing	27-Feb-23	Se realizará el telescopaje de la placing para poder avanzar con el vaciado en losas	27-Feb-23	JC
54	1	glb	Telescopaje de Torre Grua	20-Mar-23	Se realizará el telescopaje de la torre grua en la losa del piso 15	20-Mar-23	JC
55	1	glb	Planos de Sub Estacion Electrica	19-Nov-22	El sector donde se ubicara la Sub Estacion Electrica no se realizará debido a la falta de los planos.	19-Nov-22	CANTABRIA
56	1	glb	Instalacion de Elevador de Carga	09-Mar-23	Se instalará el elevador de carga la cual cumplira la función de distribuir cargas en diferentes pisos	09-Mar-23	JC
57	1	glb	Respuesta a RDI 131 - Recorrido de tubería ACI	11-Mar-23	El recorrido de la tubería indica según plano de ACI por la viga, y se espera un nuevo recorrido ya que existe complejidad de su instalación en viga	11-Mar-23	PMS / CANTABRIA
58	1	glb	Movimiento de Caseta de Ventas	23-Mar-23	Se solicita el movimiento de caseta de ventas, ya que impide la culminación de trabajos en sotano 3	23-Mar-23	PMS / CANTABRIA
59	1	glb	Telescopaje de Torre Grua	17-Mar-23	Se realizará el telescopaje de la torre grua en la losa del piso 15	17-Mar-23	JC
60	1	glb	Planos de Sub Estacion Electrica	19-Nov-22	El sector donde se ubicara la Sub Estacion Electrica no se realizará debido a la falta de los planos.	19-Nov-22	CANTABRIA
61	1	glb	Planos de Malla a tierra correspondiente a Sub Estacion Electrica	17-Mar-23	Se solicita el detalle de la malla a tierra la cual sera para la sub estacion electrica, ya que esto impide el vaciado de la losa contra terreno en ubicación propuesta	17-Mar-23	PMS / CANTABRIA

En la figura 79 se presenta el Análisis de Restricciones/Recursos correspondiente a las actividades críticas del proyecto. Esta herramienta forma parte esencial del sistema de planificación colaborativa (Last Planner System), y tiene como propósito identificar anticipadamente las limitantes que podrían impedir la ejecución de las actividades programadas, permitiendo implementar acciones correctivas a tiempo y garantizar un flujo continuo de trabajo.

En la tabla se detallan las actividades condicionadas, entre ellas destacan:

- El telescopaje de la torre grúa programado en los niveles 10 y 15, el cual presentó restricciones operativas que impactaron directamente en la continuidad de trabajos en altura.
- La instalación de la subestación eléctrica, que se vio retrasada por la falta de planos técnicos, afectando la habilitación de zonas específicas y el vaciado de losas.
- El requerimiento de respuesta a los RDI N.^o 96 y N.^o 134, vinculados a la ubicación del ladrillado en sótano y al nuevo recorrido de tuberías del sistema ACI, cuya complejidad estructural exigía revisiones técnicas por parte de supervisión y cliente.
- Restricciones logísticas como el movimiento de casetas de ventas, que impedía culminar trabajos en zonas del sótano 3, y el detalle pendiente de la malla a tierra, crítica para la conexión de la subestación eléctrica.

Cada restricción fue registrada con su respectiva actividad afectada, fecha requerida en obra y responsable designado, permitiendo su seguimiento en las reuniones semanales de coordinación con el equipo técnico y los subcontratistas. Este proceso fortaleció la toma de decisiones en tiempo real, redujo interferencias y contribuyó al incremento sostenido del Porcentaje de Plan Completado (PPC) en fases posteriores del proyecto.

4.5.4. Análisis del Last Planner System en el casco estructural del proyecto ETREA: PPC y

Causas de incumplimiento

Al culminar la ejecución del casco estructural en la semana 23, los resultados obtenidos mediante la aplicación del Last Planner System (LPS) reflejan un desempeño eficiente en la gestión del proyecto. La figura Y muestra el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) acumulado, alcanzó un 87% al finalizar esta etapa, como se presenta en la Figura 80.

Por otro lado, la Figura 81 ilustra la variación semanal del PPC semanal a lo largo de 23 semanas del año presente e incluye las semanas previas del año anterior. Esta metodología, de la mano con el uso de los prefabricados, refleja un alto nivel de cumplimiento, una efectiva coordinación y trabajo colaborativo entre las partes interesadas, lo que minimizó las variaciones en el cronograma.

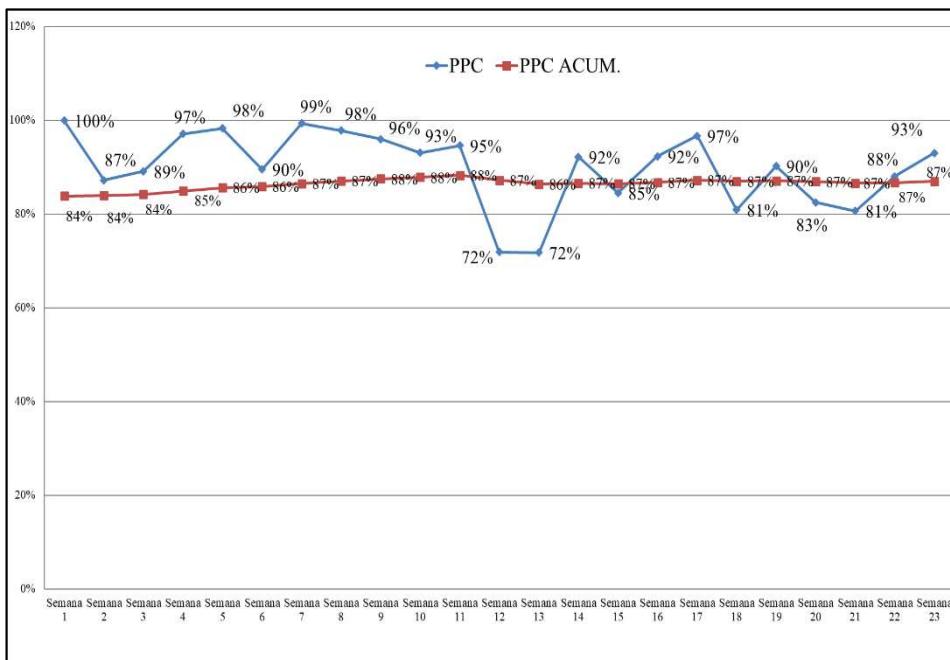
Figura 80

Porcentaje del Plan Completado (PPC) acumulado - casco estructural

PPC ACUMULADO				
Semanas	Actividades Realizadas	Actividades No Cumplidas	PPC	PPC ACUM.
Semana 1	100		100%	84%
Semana 2	89	13	87%	84%
Semana 3	131	16	89%	84%
Semana 4	152.5	4.5	97%	85%
Semana 5	173	3	98%	86%
Semana 6	172	20	90%	86%
Semana 7	161	1	99%	87%
Semana 8	181	4	98%	87%
Semana 9	193	8	96%	88%
Semana 10	230	17	93%	88%
Semana 11	282	16	95%	88%
Semana 12	228	89	72%	87%
Semana 13	186	73	72%	86%
Semana 14	142	12	92%	87%
Semana 15	229	42	85%	87%
Semana 16	253	21	92%	87%
Semana 17	265	9	97%	87%
Semana 18	191	45	81%	87%
Semana 19	250	27	90%	87%
Semana 20	252.5	53.5	83%	87%
Semana 21	276	66	81%	87%
Semana 22	237	32	88%	87%
Semana 23	340.5	25.5	93%	87%

Figura 81

Gráfico del PPC semanal y acumulado en la construcción - casco estructural



En la Figura 82 se detallada las restricciones que afectaron el cumplimiento del plan, donde se identificaron 260 restricciones, distribuidas en las siguientes categorías: programación (PROG: 120), logística (LOG: 9), calidad/control de calidad (QA/QC: 8), factores externos (EXT: 55), supervisión/cliente (SUP/CLI: 10), ejecución (EJEC: 13), seguridad (SC: 95), equipo (EQ: 2), y administración (ADM: 17).

El grafico que presenta la Figura 83 ilustra las causas principales de incumplimiento fueron las de Programación (46.2%), luego le continua las de seguridad (36.5%) y factores externos (21.2%), lo que muestra que se realizó una mejora continua a lo largo del desarrollo del proyecto semanalmente, demostrando un enfoque proactivo hacia la gestión de riesgos, un pilar clave del LPS que fomenta el aprendiz iterativo y mejora continua.

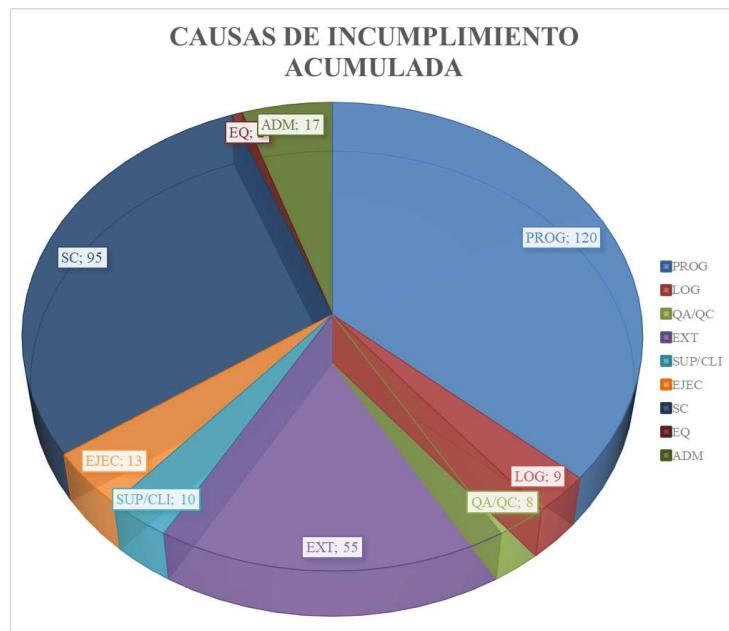
Figura 82

Análisis de incumplimientos acumulados - casco estructural

ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADO									
SEMANAS	PROG	LOG	QA/QC	EXT	SUP/CLI	EJEC	SC	EQ	ADM
Semana 1									
Semana 2				10			1		
Semana 3							4		
Semana 4	3						1		
Semana 5									
Semana 6					4		1		
Semana 7							1		
Semana 8							3		
Semana 9							3		
Semana 10	3				5				
Semana 11	2						2		
Semana 12	7			3			2		
Semana 13	11						1		
Semana 14									
Semana 15	6						14		
Semana 16	1						2		
Semana 17									
Semana 18	2			11			5		
Semana 19	1		1				2		
Semana 20	2		1	10			4		
Semana 21	2						4		15

Figura 83

Distribución porcentual de las causas de incumplimiento acumulado - casco estructural



4.6. Evaluación técnica por calidad de acabado

4.6.1. Calidad de acabado en losa convencional

El acabado de una losa convencional, tras el desencofrado, suele mostrar una superficie rugosa debido al contacto directo entre el concreto y el encofrado. Además, pueden aparecer burbujas de aire o pequeñas imperfecciones que requieren correcciones. Para mejorar el acabado y funcionalidad del cielorraso, se procede a picotear las zonas irregulares y, posteriormente, se aplica un tarrajeo. Luego, se continua con un amolado para limpiar las impurezas presentes y se proceda con la pintura. Todo este proceso amerita un mayor costo en mano de obra y materiales.

4.6.2. Calidad de acabado en Prelosa

El acabado de una prelosa, tras el desapuntalamiento, se caracteriza por ser liso y uniforme, lo que proporciona un cielorraso de alta calidad sin necesidad de realizar tarrajeo, nivelación o amolado. Este proceso optimiza el tiempo de ejecución y reduce los costos de la obra. Además, este sistema no requiere el uso de tablas para el encofrado, a diferencia de métodos convencionales, lo que prácticamente elimina los desperdicios de concreto en los pisos inferiores, haciendo que la construcción sea más eficiente y limpia.

En el análisis del sistema de gestión de calidad del proyecto, específicamente durante la etapa correspondiente al casco estructural, se evaluó el desempeño a lo largo de la ejecución de los cinco sótanos, los veintiocho niveles de torre y la azotea. Como parte de este proceso, se identificaron los principales defectos registrados en elementos prefabricados, particularmente en las prelosas, cuyos resultados se detallan a continuación y permiten establecer oportunidades de mejora en los procesos constructivos y de control de calidad, como se muestra en la Figura 84. Asimismo, se presentan los hallazgos específicos entre observaciones y no conformidades, como se aprecia en la Figura 85.

Figura 84

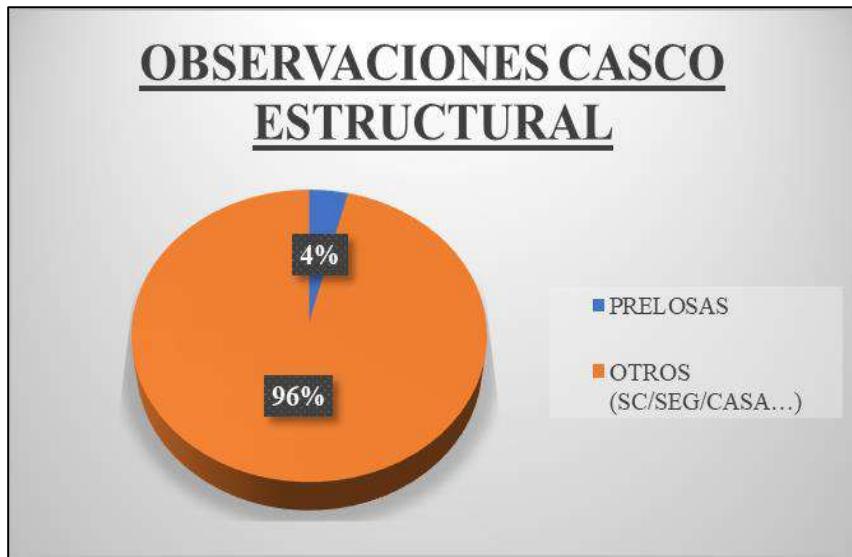
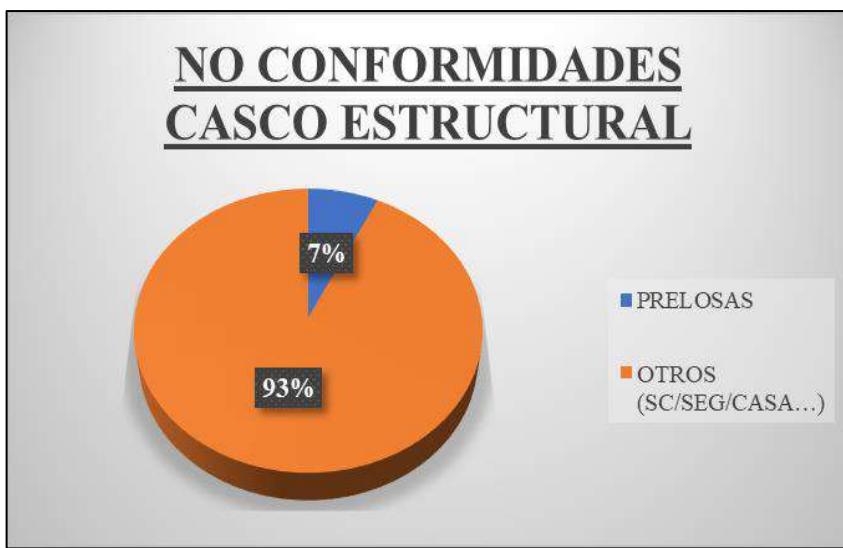
Registro de observaciones y no conformidades en la etapa casco estructural

ITEM	TIPO	ETAPA	RESPONSABLE DE NC	PARTIDA	DEFECTO	DETALLE DE HALLAZGO
1	OBS	CASCO-LOSA	V&V BRAVO	Prelosa	Mal aspecto visual	Se picaron las prelosas y previgas para salidas de cajas, pases de tuberías, también hay juntas y bordes de prelosas dañadas
2	OBS	CASCO-LOSA	V&V BRAVO	Vaciado/Prelosa	Cangrejera	Cangrejera en losa
3	NC	CASCO-LOSA	V&V BRAVO/BETON DECKEN	Prelosa	De fabricación en Planta	Prelosa con agujero y fisuras
4	OBS	CASCO-LOSA	V&V BRAVO/BETON DECKEN	Prelosa	De fabricación en Planta	Fisuras mayores a 0.4mm en prelosas

Figura 85

Hallazgos del sistema de gestión de la calidad en la construcción del sótano 4 del proyecto

ETAPA CASCO ESTRUTURAL (SOTANO Y TORRE)	OBSERVACIONES	NO CONFORMIDADES
PRELOSAS	3	1
OTROS (SC/SEG/CASA...)	75	13
TOTAL	78	14

Figura 86*Distribución de observaciones en la etapa casco estructural***Figura 87***Distribución de No Conformidades en la Etapa Casco Estructural*

Según se observa en la Figura 86, se registró un total de tres observaciones y una no conformidades relacionadas con el uso de prelosas durante la ejecución del proyecto; estas observaciones representan aproximadamente el 4 % del total de observaciones generadas durante la construcción del edificio multifamiliar. Las principales causas identificadas corresponden a la ubicación incorrecta de cajas eléctricas, pasos para tuberías mal posicionados y fisuras estructurales originadas por deficiencias en el proceso de prefabricación.

Asimismo, la Figura 87 muestra que la no conformidad asociada a las prelosas equivale al 7 % del total de no conformidades registradas, y fue atribuida directamente a una falla de fabricación en planta por parte del proveedor Betondecken. Esta situación requirió la ejecución de trabajos correctivos específicos en obra para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos en el proyecto de la mano con el ingeniero estructural del proyecto.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente apartado, se desarrolla un análisis de los resultados obtenidos al en la presente investigación mediante el uso de prefabricados y el Last Planner; asimismo, se contrasta las similitudes y diferencias de nuestros hallazgos con los de otros investigadores mencionados en los antecedentes.

5.1. Optimización de plazo

En base a nuestro tiempo obtenido en la investigación, se logró reducir en 18 días la ejecución de la obra en comparación con el sistema convencional. Este resultado concuerda con lo mencionado por Acosta et al. (2023), donde mencionan que se logró reducir en 22 días al emplear el sistema prefabricado de prelosa y previgas, evidenciando de esta forma una optimización significativa del tiempo al ejecutar el casco estructural.

En este contexto, nuestra estimación de tiempo de representa a un ahorro del 10.46% en la ejecución respecto al sistema convencional, cifra se alinea con lo mencionado por Saavedra (2023), quien registró un ahorro del 11.11 % en el tiempo de obra con el uso de prelosas.

En relación a la aplicación del Last Planner System, obtuvimos un PPC semanal de 99% en el sótano 4 y un 93% en el piso 13 de la torre estructural. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Miranda (2024) en su investigación, quién consiguió un PPC semanal de 92.63% tras la aplicación de la metodología y la gestión del análisis de restricciones. Estos resultados concuerdan también con lo expuesto por Espinoza (2021) y por Brenes (2023), ya que demuestra la efectividad del Last Planner System, que permite mejorar la confiabilidad en la planificación y ejecución de las actividades, reduciendo los retrasos y aumentando el compromiso entre los involucrados en el proyecto.

5.2. Optimización de costos

En la investigación realizada por Acosta et al. (2023), quienes reportan un ahorro del 26% en costos directos mediante el uso de prelosas incluido su sellado en juntas, lo que guarda relación con nuestros resultados donde se obtuvo un ahorro del 17.90% en los sótanos y del 14.92% en la estructura de la torre. Con estos resultados resaltan la eficacia de los prefabricados desde una perspectiva económica, lo que evidencia una reducción significativa de los costos en comparación con el sistema convencional.

Por otro lado, en cuanto a las previgas, el mismo autor, describe un ahorro promedio del 20%; sin embargo, los resultados obtenidos en el estudio indican ahorros de 9,63 % para el sótano y 11,82 % en la torre estructural. Estos cálculos se alinean con lo mencionado por Carrión et al. (2021) que obtuvo un 5.43% de ahorro en los costos de sótanos.

Adicionalmente, Espinoza (2021) indica la eficiencia de la metodología Last Planner en el cumplimiento de las actividades programadas, lo que conlleva a una optimización en el tiempo de ejecución y en costos. Ello se sustenta en su PPC promedio obtenido que resultó de 88% durante el desarrollo de su proyecto: en nuestro caso, obtuvimos un 87% de PPC promedio en la ejecución de los sótanos y la torre. Por lo tanto, podemos mencionar que los prefabricados demuestran aportes significativos en la optimización económica de la obra, reafirmando su viabilidad frente a los sistemas convencionales y evidencia una reducción en costos que contribuye a la sostenibilidad del proyecto.

5.3. Optimización de calidad

En relación con nuestros resultados, se evidenció que, de todas las observaciones presentes en el casco estructural (sótano y torre), solo el 4% de las no conformidades acontecidas en el desarrollo del proyecto y 7% de las no conformidades están relacionados con las prelosas.

Además de su acabado liso, este prefabricado elimina la partida de tarrajeo, lo que conlleva a un ahorro económico y una presentación de cielorraso lista para acabados, reduciendo tiempo y costos adicionales en obra.

Entre los problemas que pueden presentarse están las fisuras, las cuales requieren un tratamiento especial para garantizar su adecuada solución. En este aspecto coincidimos con lo expuesto por Carrión et al. (2021), quienes señalan que estas imperfecciones pueden originarse por un izaje, montaje y colocación defectuosa, así como por circunstancias propias del proceso de fabricación, como por ejemplo una falta de fraguado adecuado del concreto.

Según lo indicado por Saavedra (2023), el acabado que presenta el prefabricado es una ventaja respecto a la fabricación in situ, ya que permite un mejor control de la calidad, un menor tiempo de labor en obra y permite un mejor control de la seguridad. Estos beneficios se reflejan cuantitativamente en nuestros resultados, tanto en la reducción de costos como la optimización de tiempo.

VI. CONCLUSIONES

6.1 La implementación del sistema prefabricado ha demostrado una optimización en los costos directos en comparación con el sistema convencional, lo que generó un ahorro económico de S/ 729,365.70 que representa el 13.94% en todo el casco estructural (sótano y torre). Este resultado se sustenta en la eliminación de la partida de tarajeo, la eliminación de ladrillos de techo, reducción por los precios por m² en cada partida, siendo el más resaltante en el encofrado en un 57.27% y la optimización del plazo de ejecución de obra debido al uso de prefabricados.

6.2 Con el uso de las prelosa y previgas permitió reducir el tiempo en 18 días en el casco estructural, además con la implementación de la metodología Last Planner System se alcanzó un Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) promedio de un 87% hasta el fin del casco estructural. Esto evidencia la eficiencia y confiabilidad del LPS, refleja un aumento en la productividad, una mayor colaboración participativa y compromiso de los involucrados, así como la reducción considerablemente de los retrabajos.

6.3 Llevar a cabo la metodología LPS, de la mano con el uso de prefabricados, reduce a 4% del total de las observaciones y a 7% del total de no conformidades, lo que demuestra ser una solución confiable y eficiente en la ejecución del casco gris, siempre y cuando se mantenga un adecuado seguimiento en todo el proceso.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se recomienda la implementación de las Salas LEAN o Big Room, en la cual semanalmente se realice reuniones con las diferentes áreas involucradas en la obra, el staff técnico y los subcontratistas. Dichas reuniones permiten analizar y brindar soluciones tempranas a las restricciones, así como identificar las causas raíz de los incumplimientos, utilizando Porcentaje de Plan Cumplido (PPC). De esta forma, se busca evitar los imprevistos y al mismo tiempo que todos los participantes estén informados con los objetivos del proyecto.
- 7.2 Se recomienda verificar el plano entregado por la empresa de prelosas, asegurándonos que los códigos de dichos prefabricados estén correctamente asignados, para que puedan ser colocados de la manera adecuada y oportuna. De esta forma evitar sobrecostos por sobretiempos, descoordinaciones y confusiones durante la colocación. Además, es fundamental que las cajas de pases eléctricos embebidas en las posiciones correctas, ya que de esta forma evitamos posterior picado de la losa, lo cual podría generar fisuras. Asimismo, se sugiere i enviar con anticipación las zonas donde deben considerarse rebajas en las prelosas para las tuberías de desagüe o en caso no pueda realizarse, indicar aquellas zonas donde deberíamos hacerlo con encofrado convencional y de manera que se respete las pendientes de las tuberías.
- 7.3 Se recomienda verificar la alineación y nivelación tanto de las previgas como de las prelosas, antes del vaciado y posterior al vaciado, que coincidan con las referencias marcadas por el topógrafo. Esta verificación es imprescindible ya que va evitar retrabajos innecesarios como los picados y posterior tarrajeo en zonas donde solo bastaría realizarse una limpieza y solaqueo.

VIII. REFERENCIAS

Acosta, M., Aranzabal, W., Jaramillo, J. y Morales, M. (2023). *Análisis de implementación de sistemas constructivos no convencionales con el uso de prefabricados de concreto usando pre-losas y pre-vigas para el edificio multifamiliar BH NORT*. [Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC.

<http://hdl.handle.net/10757/668188>

Aime, L. (2015). *Evaluación de la rentabilidad de losas prefabricadas (prelosas) en edificaciones con la aplicación de Lean Construction comparada con losas convencionales*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/4416>

Alcaide, A. y Ruiz, A. (2021). *La aplicación del color sobre la arquitectura moderna: Revisión de los proyectos de Bruno Taut y Le Corbusier*. Estoa, 10(20), 250-267. <https://doi.org/10.18537/est.v010.n020.a13>

Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación* (6^a ed.). Editorial Episteme.

Ballard, H. (2000). *The last planner system of production control*. [Tesis de doctorado, University of Birmingham]. Repositorio Institucional UB. <https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/09/08152942/the-last-planner-system-of-production-control-ballard2000-dissertation.pdf>

Betondecken. (2018). *Sistema de prelosas Betondecken*. Manual Técnico Betondecken.

Borja, M. (2016). *Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil*. Universidad Pedro Ruiz Gallo.

- Brenes, F. (2023). *Propuesta de mejora en la planificación y control de los proyectos mediante la implementación de la metodología Last Planner para DICOMA Construcción*. [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio del Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14575>
- Calderón, A. (2020). *Estudio de la implementación de lasos prefabricadas en la construcción de entrepisos para la obra Floresta VI*. [Trabajo de suficiencia profesional para titulación, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4511>
- Caraguay, B. (2018). *Losas prefabricadas de entrepiso y cubierta para viviendas de interés social, utilizando la técnica del ferrocemento y la prefabricación modular*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio Institucional UTPL. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/22546>
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la Investigación Científica*. Editorial San Marcos.
- Carreño, A. (2015). *Estudio de la prefabricación en concreto reforzado y su influencia en la construcción de estructuras en Colombia*. [Tesis de Maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Institucional ECIJG. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/188>
- Carrión, L., Peralta, R. y Rueda, G. (2021). *Influencia del uso de sistemas prefabricados aplicados en la construcción de losas macizas de sótanos en el proyecto multifamiliar Uptown 2 – San Miguel*. [Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/4706>
- Castro, F., Castro, E., Osorio, J. y Merizalde, J. (2022). *Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador*. Gaceta Técnica, 23(1), 3-19. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.2>

Chávez, J., y De la Cruz, C. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación (caso: Condominio Casa Club Recrea – El Agustino)*. [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Institucional USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/1203>

COMEX-PERÚ. (26 de Junio de 2022). *El sector construcción registró un crecimiento interanual del 4.9%*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/el-sector-construccion-registro-un-crecimiento-interanual-del-49-en-abril-de-2022>

Espinoza, E. (2021). *Aplicación del Last Planner System para Mejorar el Cumplimiento de Plazos de Ejecución en Edificaciones – Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3001>

Flores, C., Mamani E. y 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 UPC. <http://hdl.handle.net/10757/626010>

Glynn, J. (1981). *Test of HumeSlab™ precast floor units*. Glyn Tucker and Associates, University of Queensland.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (10 de Julio de 2023). *Población peruana alcanzó los 33 millones 726 mil personas en el año 2023*. <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/population-estimates-and-projections/>

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. (CIFE Technical Report No.72). Stanford University. <https://purl.stanford.edu/kh328xt3298>

Lerma, H. (2022). *Metodología de la investigación Propuesta, anteproyecto y proyecto* (5^a ed.). ECOE Ediciones.

López, V. y Fernández, O. (2015). *La construcción con prefabricados de concreto: Una historia por escribir*. Noticreto 133 ,8(1), 42-48.

https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/historia_prefabricados_noticreto.pdf

Lorenzo, S. (2012). *Precast prestressed concrete = Hormigón pretensado prefabricado*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Institucional UPCT. <http://hdl.handle.net/10317/2605>

McKinsey y Company. (2017). *Reinventing Construction: A route to higher productivity*. McKinsey Global Institute.

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>

Miranda, M. y Torbisco, E. (2019). *Evaluación de la eficiencia de la aplicación del Last Planner System en un proyecto de construcción en la etapa de acabados-Arquitectura del Perú en el año 2019*. Universidad Tecnológica del Perú (UTP), 20(1),193-213. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/3074>

Miranda, D. (2024). *Aplicación del sistema Last Planner para mejorar la planificación en la ejecución de los accesos a la infraestructura del Palacio Municipal en la localidad de Chiriaco, Imaza –Bagua, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio Institucional UCSS.

<https://repositorio.ucss.edu.pe/item/8b2adfc6-640d-4cf3-a7e1-984a9e01d56c>

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Orihuela, P. (2011). *Lean Construction en el Perú. Boletín Construcción Integral (N.º 12)*. <https://acerosarequipa.com.pe/en/constructoras/boletin-construcion-integral/edicion-12/calidad.html>

Perez, S. y Soplin, L. (2022). *Propuesta de aplicación de elementos prefabricados de concreto armado para mejorar la productividad en la construcción de edificios multifamiliares en Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Academico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/659286>

Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. <https://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf>

Pons, J. y Rubio, I. (2019). *Colección guías prácticas de Lean Construction: Lean Construction y la planificación colaborativa - Metodología del Last Planner System*. Revista Española del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20II.pdf>

Resolución Ministerial N.º 401-2022-VIVIENDA. (23 de diciembre de 2022).

<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/3769099-401-2022->

Saavedra, L. (2023). *Optimización del costo, plazo de obra y nivel de sostenibilidad mediante la implementación de prelosas en el edificio multifamiliar Sente*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de Tesis Digitales UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/19225>

Salazar, H. (2021). *Optimización de la productividad, en obras del sector retail, aplicando Lean Construction para la empresa Corporacion Brinper S.A.C. 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/27349>

Sanabria, B. (2017). *Análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entepiso para edificaciones de hasta 4 niveles.* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC.
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/7ee00357-7f4e-46c6-be03-b0dddc0e49ef>

Womack, J. y Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.* Simon & Schuster.

IX. ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	VARIABLES	Dimensión	Metodología
Problema general ¿De qué manera la implementación del sistema de prelosas y el last planner system optimizará el costo, calidad y tiempo de ejecución del edificio multifamiliar ETREA, en el distrito de Jesús María, Lima 2024?	Objetivo general Evaluar si la implementación del sistema de prelosas y el Last planner system optimiza el costo, la calidad y el plazo de ejecución del edificio multifamiliar ETREA en el distrito de Jesús María.	Variable independiente (X) La implementación de prelosas y last planner system.	-Aplicación del sistema constructivo prefabricado - Aplicación de herramientas LPS	Método: Científico Nivel: Aplicativo-Descriptivo Tipo: Diseños transversal Enfoque: Cualitativo
Problemas específicos a) ¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas y el last planner system reduce el costo de la ejecución del casco estructural del edificio multifamiliar ETREA?	a) Determinar si la implementación del sistema de prelosas y el Last planner system optimiza el costo de la ejecución del edificio multifamiliar ETREA en el distrito de Jesús María.	Variables dependientes (Y) Optimizar del costo, plazo de ejecución y calidad de obra. Y1: Optimización de costo Y2: Plazo de Ejecución Y3: Calidad de onra	-Costo directo -Variación Presupuestal -Duración real del proyecto -Cumplimiento del Cronograma. -Conformidad técnica. -Observaciones y no conformidades. -Calidad de acabado en los cielorrasos.	Diseño: No experimental Población: Las edificaciones multifamiliares del distrito de Jesús María Muestra: Edificio Multifamiliar ETREA, conformado por un cuarto de bombas, 5 sótanos y 28 pisos, incluido azotea , ubicado en el distrito de Jesús María. Instrumentos:
b) ¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas y el last planner system optimiza la calidad de la ejecución del casco estructural del edificio multifamiliar ETREA?	b) Determinar si la implementación del sistema de prelosas y el Last planner system optimiza la calidad de la ejecución del edificio multifamiliar ETREA en el distrito de Jesús María.			

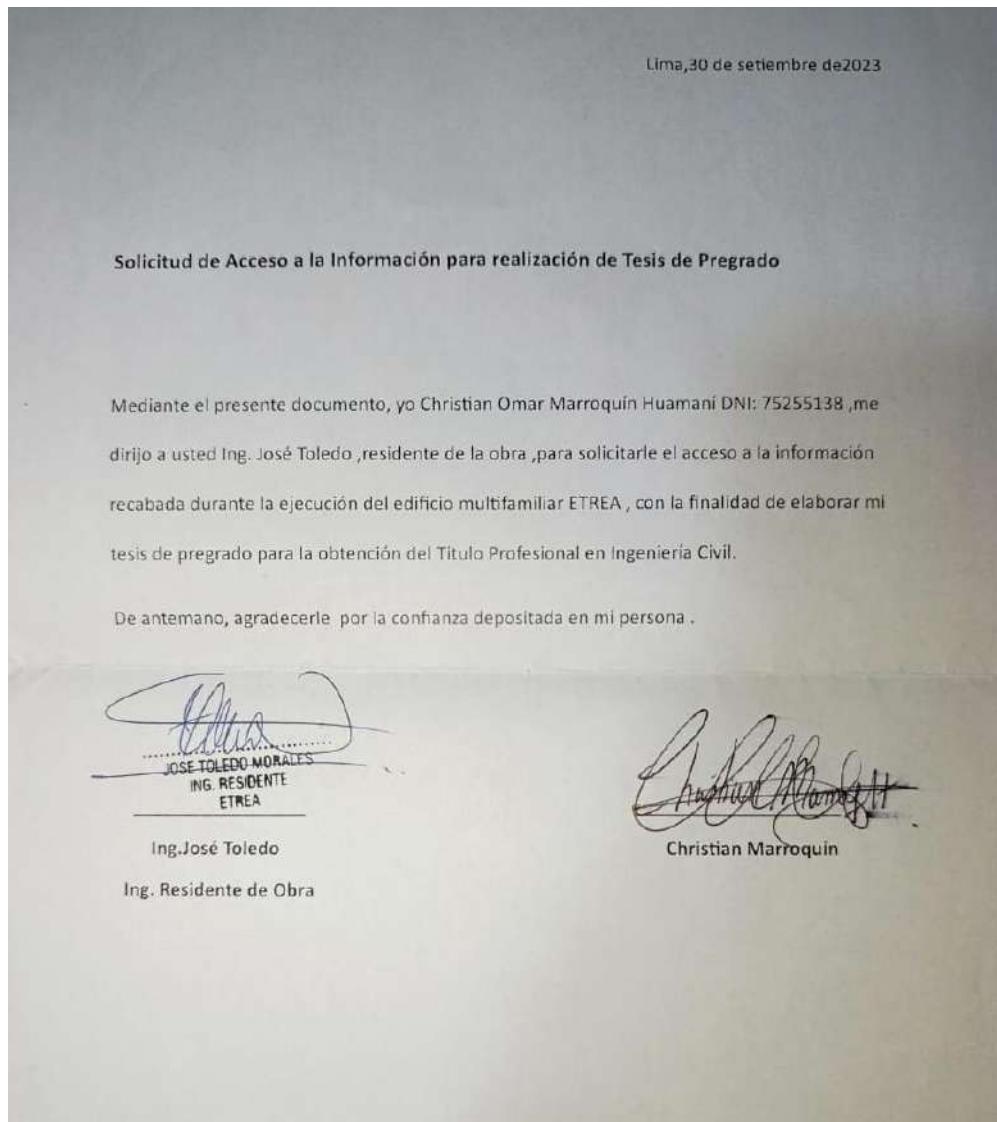
c) ¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas y el last planner system optimiza el plazo de ejecución del casco estructural del edificio multifamiliar ETREA?	c) Determinar la mejora de si la implementación del sistema de prelosas y el Last planner system optimiza el plazo de ejecución del edificio multifamiliar			
---	--	--	--	--

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición	Tipo de variable	Escala de medición
Sistema de losas de entre pisos prefabricadas y Metodología de	“Son elementos de concreto armado con f'c 280kg/cm2 y aditivos superplasticantes. Tiene 5cm de espesor con un peso de 120kg/m2. Tienen un ancho máximo de 2.40m y el largo, de acuerdo con la luz del paño. Puede tener formas irregulares en planta como triangulares, trapezoidales o arqueadas”. (Beton Decken,2018)	La variable se va medir en base a una comparación entre el sistema de prelosa prefabricadas y el sistema convencional con respecto al costo, velocidad de ejecución y el desfase del cronograma.	Sistema de prelosas prefabricadas	- Uso de prelosas	Sí/No	Cuantitativa	Escala de razón
				- Presencia de LPS	%		
				- Aplicación de herramientas LPS (Plan maestro, Look Ahead, PPC)	Días		
				-Costo por m2 de losa	Soles (S/ x m2)	Cuantitativa	Escala de razón
				-Variación presupuestal (%)	%		
				-Desfase del cronograma maestro/base	Días	Cuantitativa	Escala de razón
				-Nº de observaciones	Unidades		
				Costo por m2 de losa	Soles (S/ x m2)	Cuantitativa	Escala de razón

Last Planner System			Sistema convencional de losas	Velocidad de ejecución	Cant. producción /Unidad de tiempo	Cuantitativa	Escala de razón
			Desfase del cronograma maestro/base	Día	Cuantitativa	Escala de razón	
El Last Planner System es una metodología de planificación colaborativa que busca mejorar la fiabilidad del programa de trabajo mediante la integración y el compromiso de todos los niveles de la organización, especialmente los últimos planificadores. Su objetivo es reducir las incertidumbres y restricciones, permitiendo una ejecución más eficiente y efectiva del proyecto. (Espinoza,2021).	Los procesos que incluyen son: planificación, identificación, análisis cualitativo, análisis cuantitativo, respuesta y control de la programación de obra. Teniendo como objetivo aumentar la productividad en las obras, disminuir las causas de no cumplimiento y lograr los porcentajes de planes completados según la planificación.	Last Planner System	Sectorización	m2/m3	Cuantitativa	Escala de razón	
			Plan Maestro	Mes	Cuantitativa	Escala de razón	
			Plan Intermedio (Look Ahead)	hh/dia	Cuantitativa	Escala de razòn	
			Plan Semanal (PPC)	%	Cuantitativa	Escala de razòn	
			Análisis de Restricciones	%	Cuantitativa Cualitativa	Escala de razòn	
			Análisis de Causas de No Cumplimiento	%	Cualitativa	Escala de razòn	

Optimización del costo, calidad y tiempo de ejecución	<p>La optimización del costo, calidad y tiempo de ejecución de obra se refiere al proceso de equilibrar estos tres factores clave en la gestión de proyectos de construcción para alcanzar el máximo valor posible. Este proceso implica la aplicación de técnicas y herramientas de gestión que permiten planificar, monitorear y controlar los recursos, actividades y resultados del proyecto, con el fin de minimizar los costos, asegurar la calidad deseada y cumplir con los plazos establecidos. (Espinoza,2021).</p>	<p>La variable va ser medida en función del ppto de obra, cronograma de ejecución del casco estructural y la calidad en el acabado del cielorraso.</p>	Presupuesto de obra	Monto del ppto de obra	Soles(S/)	Cuantitativa	Escala de razòn
			Cronograma de ejecución del casco estructural	Plazo de ejecución del casco estructural	Mes	Cuantitativa	Escala de razòn
			Calidad en el Acabado de cielo raso	Registro de No Conformidades	Und	Cuantitativa	Escala de razòn
				Registro de No Conformidades	m2	Cuantitativa	Escala de razòn

ANEXO B. CARTA DE SOLICITUD



ANEXO C: ELABORACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL EN SÓTANOS Y TORRE

Partida	ACERO FY= 4200 kg/cm ²					
Rendimiento kg/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : kg		4.18	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	29.08	0.07	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	24.63	0.56	
PEON	hh	1.0000	0.0229	17.33	0.40	
			0.0457			1.03
	Materiales					
ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0342	5.58	0.19	
ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg		1.0700	2.74	2.93	
	Equipos					3.12
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.03	0.03	
						0.03

Partida	LADRILLO HUECO DE ARCILLA PARA TECHO 20x30x10					
Rendimiento kg/DIA	MO. 230.0000	EQ. 230.0000	Costo unitario directo por : kg		3.53	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	29.08	0.07	
PEON	hh	1.0000	0.0348	17.33	0.60	
	0.0348					0.67
	Materiales					
LADRILLO PARA TECHO 8H DE 20X30X10 cm	Und		1.0500	2.71	2.85	
	Equipos					2.85
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.67	0.02	
						0.02

Partida	LADRILLO HUECO DE ARCILLA PARA TECHO 15x30x10					
Rendimiento kg/DIA	MO. 230.0000	EQ. 230.0000	Costo unitario directo por : kg		3.40	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	29.08	0.07	
PEON	hh	1.0000	0.0348	17.33	0.60	
	0.0348					0.67
	Materiales					
LADRILLO PARA TECHO 8H DE 15X30X10 cm	Und		1.0500	2.58	2.71	
	Equipos					2.71
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.67	0.02	
						0.02

Partida	m ² /DIA	MO.	8.60	EQ.	8.60	Costo unitario directo por : m ³	
Rendimiento						67.70	
Descripción Recurso							
	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
CAPATAZ	HH	0.100	0.093	29.080	2.71		
OPERARIO	HH	1.000	0.930	24.230	22.54		
OFICIAL	hh	1.000	0.930	19.130	17.80		
			1.860			43.04	
	Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO 8	KG		0.210	4.367	0.92		
CLAVOS PARA MADERA CABEZA PROMEDIO	KG		0.200	4.441	0.89		
DESMOLDANTE	GAL		0.025	118.640	2.97		
PLANCHAS FENOLICO 18mmx1.22mx2.44m	PLN		0.058	90.700	5.26		
MADERA TORNILLO GENERAL	P2		0.300	5.800	1.74		
SEPARADOR DE CONCRETO 4.00 cm	UND		8.000	0.300	2.40		
						14.17	
	Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	43.040	1.29		
						1.29	
	Subcontratos						
ALQUILER DE PUNTALES Y SOPORTES	M2		1.050	8.000	8.40		
						8.40	

TARRAJEO DE CIELO RASO						
Partida	Rendimiento m ² /DIA	MO. 11.2000	EQ. 11.2000	Costo unitario directo por : m ²		
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Precio S/
	Mano de Obra					
	OPERARIO			hh	1.0000	24.63
	PEON			hh	0.7500	17.33
						17.59
						9.28
						26.87
	Materiales					
	ARENA			m ³	0.0285	38.00
	AGUA			m ³	0.0060	9.00
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			bls	0.1870	3.53
	MADERA TORNILLO			p ²	0.4300	1.89
						1.89
						6.55

ANEXO D: ELABORACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA EL SISTEMA DE PRELOSAS EN SÓTANOS Y TORRE

Partida	Rendimiento	SISTEMA PRELOSA ALIGERADA E=0.20m		Costo unitario directo por : m ²			63.00	
Código	Descripción Recurso	Subcontratos		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	SISTEMA DE PRELOSA ALIGERADA			m ²		1.4482	43.50	63.00
								63.00

Partida	Rendimien	SISTEMA PREVIGA L<1.00m		Costo unitario directo por : m			74.00	
Código	Descripción Recurso	Subcontratos		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	SISTEMA DE PRELOSA ALIGERADA			m ²		1.7011	43.50	74.00
								74.00

Partida	Rendimiento	COLOCACIÓN DE PRELOSA		Costo unitario directo por : m ²			2.56	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	OPERARIO			hh	1.0000	0.0432	24.63	1.07
	PEON			hh	2.0000	0.0865	17.33	1.50
						0.1297		2.56

Partida	COLOCACION DE PREVIGA							
Rendimiento	m/DIA	MO. 185.0000	EQ. 185.0000		Costo unitario directo por : m3		2.56	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra							
	OPERARIO			hh	1.0000	0.0432	24.63	1.07
	PEON			hh	2.0000	0.0865	17.33	1.50
						0.1297		2.56

Partida Rendimiento m2/DIA		SOLAQUEO DE LIMPIEZA Y SELLADO DE JUNTAS - ACABADO DE PRELOSA				
		MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	24.63	1.64
	PEON	hh	0.5000	0.0333	17.33	0.58
						2.22
Materiales						
	ARENA FINA	m3		0.0034	38.00	0.13
	AGUA	m3		0.0012	9.00	0.01
	ESPONJAS	und		0.1790	0.50	0.09
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bls		0.0241	18.90	0.46
	CAL	kg		0.0290	0.85	0.02
						0.71
Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.22	0.07
						0.07
Subcontratos						
	SELLADO DE JUNTAS DE PRELOSA	m2		1.0000	3.00	3.00

Partida Rendimiento	m2/DIA	SISTEMA PRELOSA MACIZA E= 0.15 m, 0.20m y 0.25m		Costo unitario directo por : m2	43.50
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad
		Subcontratos			Precio S/
	SISTEMA DE PRELOSA ALIGERADA		m2		1.0000
					43.50
					43.50

Partida Rendimiento	m/DIA	APUNTALAMIENTO PARA PREVIGAS		Costo unitario directo por : m3	20.56
		MO. 40.0000	EQ. 40.0000		
		Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
		Mano de Obra			Precio S/
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0200	29.08
	OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	24.63
	PEON	hh	1.0000	0.2000	17.33
					0.4000
					8.97
		Equipos			
	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	8.97
	ENCOFRADO METALICO	m2		1.0200	10.92
					11.59

Partida Rendimiento	kg/DIA	ACERO FY= 4200 kg/cm2		Costo unitario directo por : kg	4.18
		MO. 350.0000	EQ. 350.0000		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad
		Mano de Obra			Precio S/
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	29.08
	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	24.63
	PEON	hh	1.0000	0.0229	17.33
					0.0457
		Materiales			
	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0342	5.58
	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0700	2.74
					3.12
	Equipos				
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.03
					0.03
					0.03

ANEXO E: SECUENCIA CONSTRUCTIVA EN EL SISTEMA CONVENCIONAL EN SÓTANOS Y TORRE

Descripción		Semana 50					Semana 51					Semana 52					Semana 53				
Semana del Año		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	
Aceros de verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Encofrado de verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S3	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
Vaciado de concreto de verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Colocación de acero de refuerzo en vigas	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Instalación de ladrillo para techos	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
Aceros en losa (aligerada y maciza)	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7																					
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P3S3	P3S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8																					
Desencofrado de losas																					P1S1

Descripción		Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
Semana del Año		21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	36.00	37.00	38.00	39.00	40.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	
Aceros de verticales	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Encofrado de verticales	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	
Vaciado de concreto de verticales	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Colocación de acero de refuerzo en vigas	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Instalación de ladrillo para techos	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	
Aceros en losa (aligerada y maciza)	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7																					
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8																					
Desencofrado de losas	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	

Descripción Semana del Año	Semana 5					Semana 6					Semana 7					Semana 8					
	DIA	41.00	42.00	43.00	44.00	45.00	46.00	47.00	48.00	49.00	50.00	51.00	52.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	P1454	P1551	P1552	P1553	
Acero de verticales	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	P1454	P1551	P1552	P1553	
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	P1454	P1551	P1552	P1553	
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Encofrado de verticales	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	P1454	P1551	P1552	
Vaciado de concreto de verticales	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	P1454	P1551	P1552	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apantallamiento fondo de vigas	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	P1454	P1551	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Colocación de acero de refuerzo en vigas	P1051	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	P1454	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	P954	P1051	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	
Encofrado y apantallamiento de costados de Vigas	P954	P1051	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	P1453	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Instalación de ladrillo para techos	P953	P954	P1051	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	
Instalaciones Eléctricas,Sanitarias,ACI,Gas	P953	P954	P1051	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	
Acero en aligerada (mázciza y maciza)	P953	P954	P1051	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	P1452	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7																					
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	P952	P953	P954	P1051	P1052	P1053	P1054	P1151	P1152	P1153	P1154	P1251	P1252	P1253	P1254	P1351	P1352	P1353	P1354	P1451	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8																					
Desencofrado de losas	P651	P652	P653	P654	P751	P752	P753	P754	P851	P852	P853	P854	P951	P952	P953	P954	P1051	P1052	P1053	P1054	

Descripción	Semana 9						Semana 10						Semana 11						Semana 12					
Semana del Año	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00	73.00	74.00	75.00	76.00	77.00	78.00	79.00	80.00				
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																								
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P1554	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1	P20S2	P20S3				
Aceros de verticales	P1554	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1	P20S2	P20S3				
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P1554	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1	P20S2	P20S3				
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																								
Encofrado de verticales	P1553	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1	P20S2				
Vaciado de concreto de verticales	P1553	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1	P20S2				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																								
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																								
Colocación de acero de refuerzo en vigas	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																								
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4			
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																								
Instalación de ladrillo para techos	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2				
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2				
Aceros en losa (aligerada o maciza)	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7																								
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8																								
Desencofrado de losas	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4				

Descripción Semana del Año	Semana 13					Semana 14					Semana 15					Semana 16					
	DIA	81.00	82.00	83.00	84.00	85.00	86.00	87.00	88.00	89.00	90.00	91.00	92.00	93.00	94.00	95.00	96.00	97.00	98.00	99.00	100.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P2054	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	
Aceros de verticales	P2054	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P2054	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Encofrado de verticales	P2053	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	
Vaciado de concreto de verticales	P2053	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apantallamiento fondo de vigas	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Colocación de acero de refuerzo en vigas	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	P19S4	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	
Encofrado y apantallamiento de costados de Vigas	P19S4	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Instalación de ladrillo para techos	P19S3	P19S4	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	
Instalaciones Eléctricas,Sanitarias,ACI,Gas	P19S3	P19S4	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	
Aceros en losa (aligerada y maciza)	P19S3	P19S4	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7																					
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8																					
Desencofrado de losas	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	P17S1	P17S2	P17S3	P17S4	P18S1	P18S2	P18S3	P18S4	P19S1	P19S2	P19S3	P19S4	P20S1	P19S2	P20S3	P20S4	

Descripción Semana del Año	Semana 21					Semana 22					Semana 23					Semana 24					
	DIA	121.00	122.00	123.00	124.00	125.00	126.00	127.00	128.00	129.00	130.00	131.00	132.00	133.00	134.00	135.00	136.00	137.00	138.00	139.00	140.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa																					
Aceros de verticales																					
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales																					
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Encofrado de verticales																					
Vaciado de concreto de verticales																					
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas																					
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Colocación de acero de refuerzo en vigas																					
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	AZS4																				
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	AZS4																				
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Instalación de ladrillo para techos	AZS3	AZS4																			
Instalaciones Eléctricas,Sanitarias,ACI,Gas	AZS3	AZS4																			
Aceros en losa (aligerada y maciza)	AZS3	AZS4																			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7																					
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	AZS2	AZS3	AZS4																		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8																					
Desencofrado de losas	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4					

Descripción Semana del Año	Semana 17					Semana 18					Semana 19					Semana 20					
	DIA	101.00	102.00	103.00	104.00	105.00	106.00	107.00	108.00	109.00	110.00	111.00	112.00	113.00	114.00	115.00	116.00	117.00	118.00	119.00	120.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4				
Aceros de verticales	P25S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4				
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P25S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4				
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Encofrado de verticales	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4			
Vaciado de concreto de verticales	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apuntalamiento fondo de vigas	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Colocación de acero de refuerzo en vigas	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Encofrado de viguetas, losas macizas (incluye aleros) y aligeradas	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4
Encofrado y apuntalamiento de costados de Vigas	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Instalación de ladrillo para techos	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	
Instalaciones Eléctricas,Sanitarias,ACI,Gas	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	
Aceros en losa (aligerada y maciza)	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	AZS2	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 7																					
Vaciado de concreto horizontal (losas y vigas)	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	P26S1	P26S2	P26S3	P26S4	P27S1	P27S2	P27S3	P27S4	P28S1	P28S2	P28S3	P28S4	AZS1	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 8																					
Desencofrado de losas	P21S1	P21S2	P21S3	P21S4	P22S1	P22S2	P22S3	P22S4	P23S1	P23S2	P23S3	P23S4	P24S1	P24S2	P24S3	P24S4	P25S1	P25S2	P25S3	P25S4	

**ANEXO F: SECUENCIA CONSTRUCTIVA EN EL SISTEMA PRELOSAS Y
PREVIGAS EN SÓTANOS Y TORRE**

Descripción	Semana 44					Semana 45					Semana 46					Semana 47						
	Semana del Año	Dia	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																						
Trazo de vigas y verticales sobre losa	S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6	S2S1	S2S2		
Aceros de verticales	S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6	S2S1	S2S2		
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																						
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6	S2S1			
Encofrado de verticales	S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6	S2S1			
Vaciado de concreto de verticales	S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6	S2S1			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																						
Aputalamiento fondo de vigas			S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6		
Colocación de Previgas			S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6		
Habilitación de acero en Vigas			S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6		
Encofrado para Prelosas (catre de puntas)			S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6		
Colocación de Prelosa			S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																						
Aceros en colocado en prelosa aligerada y maciza			S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5			
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																						
Instalaciones en losa						S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	
Vaciado de concreto horizontal						S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																						
Desencofrado de losas y vigas																						

Descripción	Semana 48					Semana 49					Semana 50					Semana 51					Semana 52					Semana 53					Semana 54				
	Semana del Año	Día	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	36.00	37.00	38.00	39.00	40.00	41.00	42.00	43.00	44.00	45.00	46.00	47.00	48.00	49.00	50.00	51.00	52.00	53.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																																			
Trazo de vigas y verticales sobre losa	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																									
Aceros de verticales	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																									
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																																			
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																								
Encofrado de verticales	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																								
Vaciado de concreto de verticales	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																								
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																																			
Aputalamiento fondo de vigas	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																							
Colocación de Previgas	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																							
Habilitación de acero en Vigas	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																							
Encofrado para Prelosas (catre de puntas)	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																							
Colocación de Prelosa	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																							
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																																			
Aceros en colocado en prelosa aligerada y maciza	S3S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																						
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																																			
Instalaciones en losa	S3S5	S3S6	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																					
Vaciado de concreto horizontal	S3S5	S3S6	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6																					
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																																			
Desencofrado de losas y vigas			S5S1	S5S2	S5S3	S5S4	S5S5	S5S6	S4S1	S4S2	S4S3	S4S4	S4S5	S4S6	S3S1	S3S2	S3S3	S3S4	S3S5	S3S6	S2S1	S2S2	S2S3	S2S4	S2S5	S2S6	S1S1	S1S2	S1S3	S1S4	S1S5	S1S6			

Descripción Semana del Año	Semana 50					Semana 51					Semana 52					Semana 53				
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																				
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3
Aceros de verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																				
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3
Encofrado de verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3
Vaciado de concreto de verticales	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																				
Encofrado y apuntalamiento de previgas	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3
Encofrado para prelosas (catre de puentales)	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																				
Habilitación de acero en Vigas			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P4S5
Colocación de Previgas			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P4S5
Colocación de Prelosa			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P4S5
Instalaciones Eléctricas,Sanitarias,ACI,Gas			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P4S5
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																				
Aceros en prelosa (aligerada y maciza)			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P4S5
Vaciado de concreto horizontal			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P4S5
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																				
Desencofrado de losa y vigas																		P1S1	P1S2	P1S3

Descripción		Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4						
Semana del Año	Día	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	36.00	37.00	38.00	39.00	40.00		
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																							
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3			
Aceros de verticales	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3			
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																							
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3		
Encofrado de verticales	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3		
Vaciado de concreto de verticales	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																							
Encofrado y apuntalamiento de previgas	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2		
Encofrado para prelosas (catre de puentales)	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																							
Habilitación de acero en Vigas	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1		
Colocación de Previgas	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1		
Colocación de Prelosas	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1		
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACL,Gas	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1		
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																							
Aceros en prelosa (aligerada y maciza)	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	
Vaciado de concreto horizontal	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																							
Desencofrado de losa y vigas	P1S4	P1S5	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	P6S1	P6S2	P6S3		

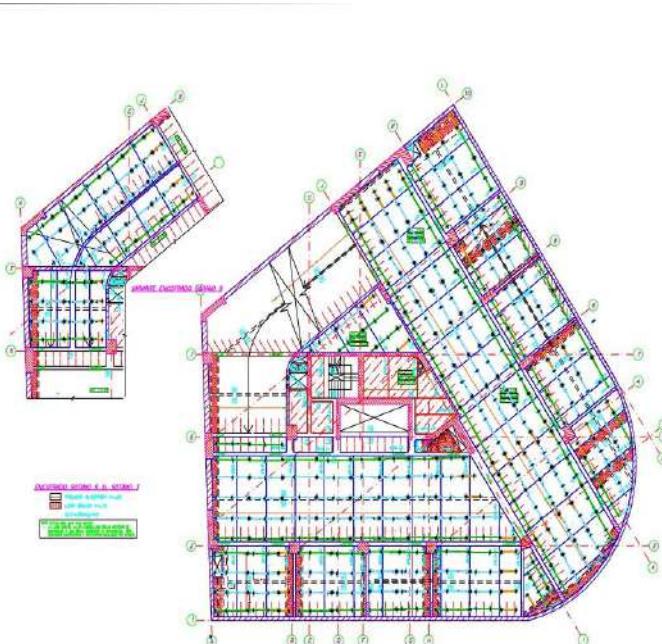
Descripción Semana del Año	Semana 5					Semana 6					Semana 7					Semana 8				
Día	41.00	42.00	43.00	44.00	45.00	46.00	47.00	48.00	49.00	50.00	51.00	52.00	53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																				
Trazo de vigas y verticales sobre losa	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S2	P14S4	P15S1	P15S2	P15S
Acerro de verticales	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																				
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2
Encofrado de verticales	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2
Vaciado de concreto de verticales	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																				
Encofrado y apuntalamiento de previgas	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S
Encofrado para prelosas (catre de puntillas)	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																				
Habilitación de acero en Vigas	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
Colocación de Previgas	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
Colocación de Prelosa	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																				
Acerro en prelosa (aligerada y maciza)	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S
Vaciado de concreto horizontal	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																				
Desencofrado de losa y vigas	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	P9S1	P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2

Descripción Semana del Año	Semana 9					Semana 10					Semana 11					Semana 12					
	Día	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00	73.00	74.00	75.00	76.00	77.00	78.00	79.00	80.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa		P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	P21S3	P22S1	
Acerro de verticales		P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	P21S3	P22S1	
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales		P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	P21S3	
Encofrado de verticales		P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	P21S3	
Vaciado de concreto de verticales		P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	P21S3	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apuntalamiento de previgas		P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	
Encofrado para prelosas (catre de puntales)		P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Habilitación de acero en Vigas		P15S1	P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2
Colocación de Previgas		P15S1	P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2
Colocación de Prelosa		P15S1	P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas		P15S1	P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Acero en prelosa (aligerada y maciza)		P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1
Vaciado de concreto horizontal		P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3	P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Desencofrado de losa y vigas		P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P16S1	P16S2	P16S3

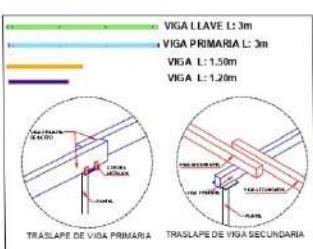
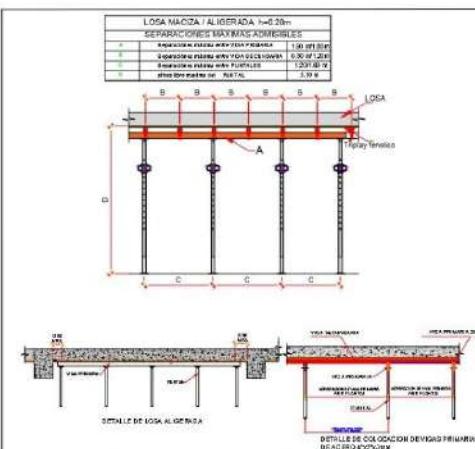
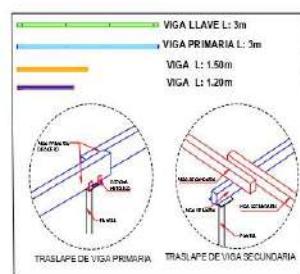
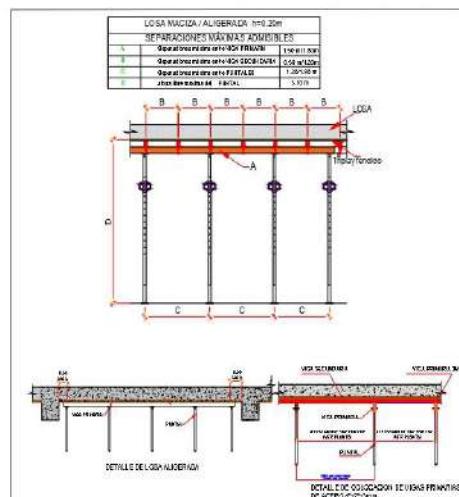
Descripción Semana del Año	Semana 13					Semana 14					Semana 15					Semana 16					
	Día	81.00	82.00	83.00	84.00	85.00	86.00	87.00	88.00	89.00	90.00	91.00	92.00	93.00	94.00	95.00	96.00	97.00	98.00	99.00	100.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa		P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1	P28S2	
Acerro de verticales		P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1	P28S3	
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales		P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1	P28S2
Encofrado de verticales		P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1	P28S2
Vaciado de concreto de verticales		P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1	P28S2
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apuntalamiento de previgas		P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1
Encofrado para prelosas (catre de puntales)		P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Habilitación de acero en Vigas		P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1
Colocación de Previgas		P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1
Colocación de Prelosa		P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1
Instalaciones Electricas,Sanitarias,ACI,Gas		P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3	P28S1
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 5																					
Acero en prelosa (aligerada y maciza)		P21S2	P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3
Vaciado de concreto horizontal		P21S2	P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2	P23S3	P24S1	P24S2	P24S3	P25S1	P25S2	P25S3	P26S1	P26S2	P26S3	P27S1	P27S2	P27S3
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 6																					
Desencofrado de losa y vigas		P17S1	P17S2	P17S3	P18S1	P18S2	P18S3	P19S1	P19S2	P19S3	P20S1	P20S2	P20S3	P21S1	P21S2	P21S3	P22S1	P22S2	P22S3	P23S1	P23S2

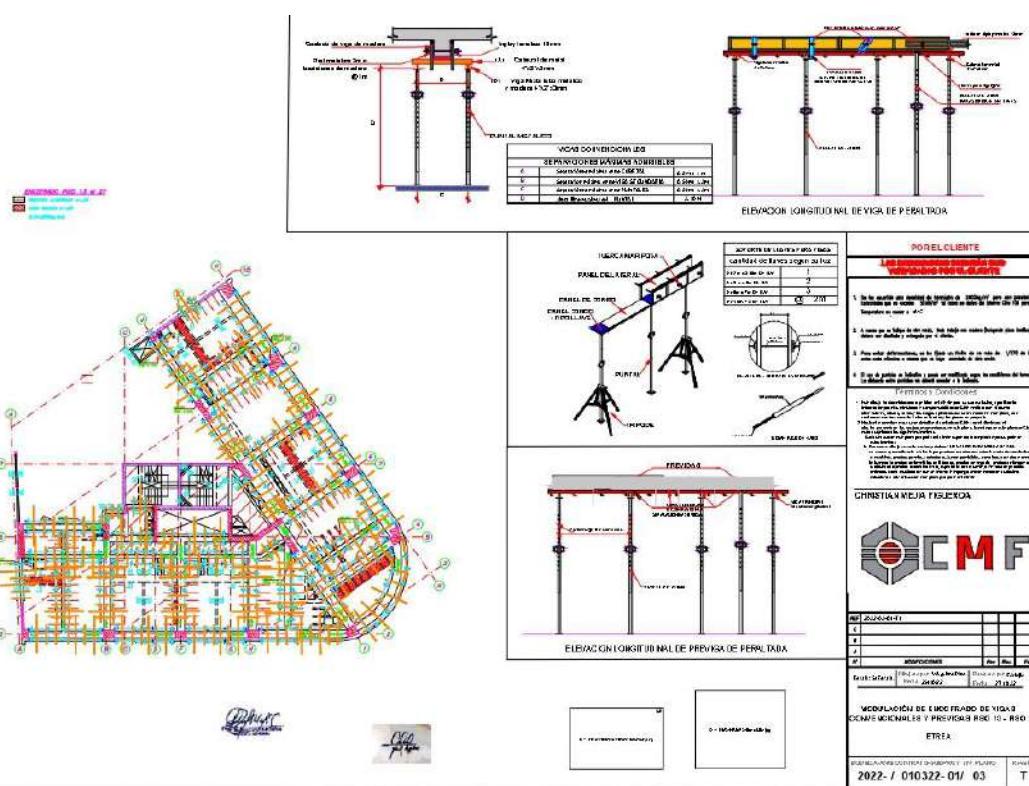
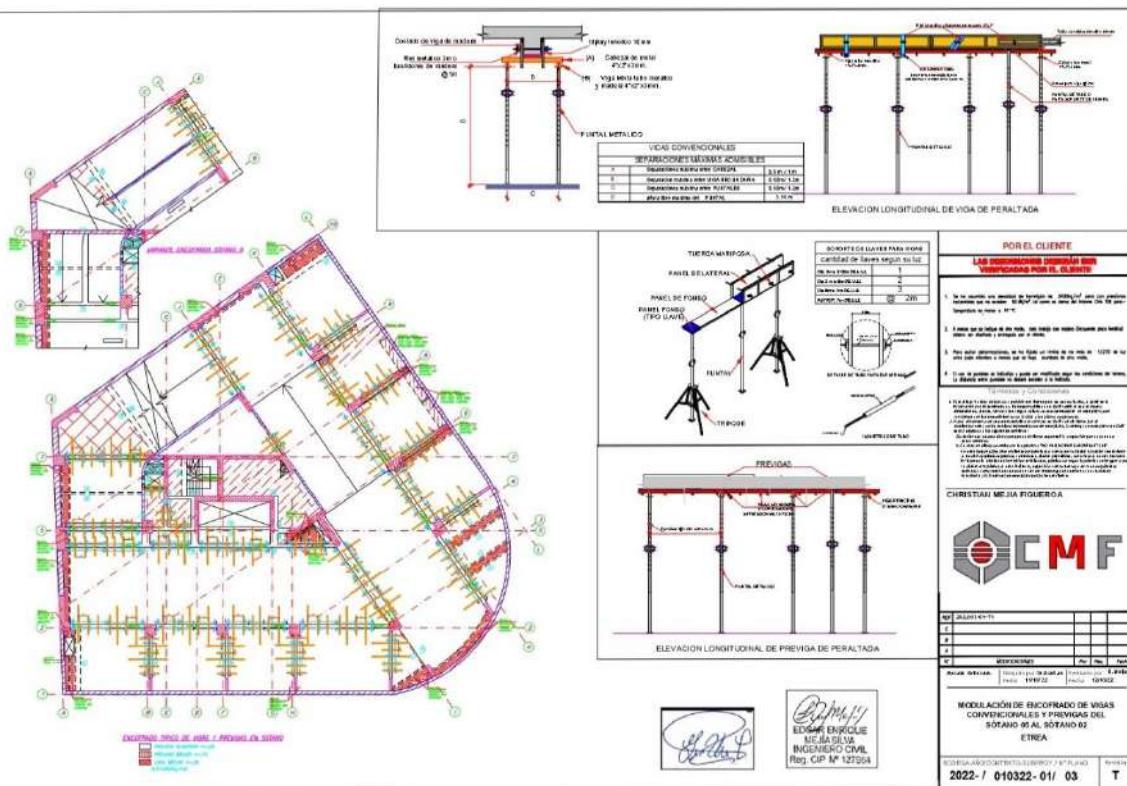
Descripción Semana del Año	Semana 17					Semana 18					Semana 19					Semana 20					
	Día	101.00	102.00	103.00	104.00	105.00	106.00	107.00	108.00	109.00	110.00	111.00	112.00	113.00	114.00	115.00	116.00	117.00	118.00	119.00	120.00
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 1																					
Trazo de vigas y verticales sobre losa		AZS1	AZS2	AZS3	AZS4																
Acerro de verticales		AZS1	AZS2	AZS3	AZS4																
ELEMENTOS VERTICALES - DIA 2																					
Instalaciones eléctricas y sanitarias en verticales		P28S3	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4															
Encofrado de verticales		P28S3	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4															
Vaciado de concreto de verticales		P28S3	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4															
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 3																					
Encofrado y apuntalamiento de previgas		P28S2	P28S3	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4														
Encofrado para prelosas (catre de puntales)		P28S2	P28S3	AZS1	AZS2	AZS3	AZS4														
ELEMENTOS HORIZONTALES - DIA 4																					
Habilitación de acero en Vigas		P28S2	P28S3	AZS																	

**ANEXO G: DETALLE DE ENCOFRADO METÁLICO PARA PRELOSAS Y
PREVIGAS**



Enrique Mejia Gómez
INCENERO CIVIL
Res. CIP N° 127964





ANEXO H: PLANOS DE PRELOSAS Y PREVIGAS DEL SÓTANO 4 Y PISO 13

