



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Implementación de la producción ajustada para optimizar
la productividad en una obra de losas prefabricadas
de un proyecto multifamiliar Lavanda-2022.

TESIS

Para optar el título profesional de ingeniero civil

AUTORES

Leyva Salazar, Diego Alonso

ORCID: 0000-0002-2739-9360

Quispe Rivas, Carlos Alberto

ORCID: 0000-0002-1291-9204

ASESOR

Fernández Reynaga, Rodolfo

ORCID: 0000-0002-6020-1766

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos de los autores

Leyva Salazar, Diego Alonso

DNI: 73241878

Quispe Rivas, Carlos Alberto

DNI: 74085687

Datos de asesor

Fernández Reynaga, Rodolfo

DNI: 09371579

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

JURADO 2

Velásquez Jara, Arturo

DNI: 079904540

ORCID: 0000-0002-4778-9593

JURADO 3

Dávila Fernández, Susana Irene

DNI: 09147106

ORCID: 0000-0002-6949-1317

JURADO 4

Garfias Zúñiga, Xavier Ernesto

DNI: 08743801

ORCID: 0000-0002-6949-1317

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

A mi madre Sandra, por su amor infinito y forjar en mí ese carácter luchador.

A mi padre Alberto, por ser mi guía y consejero.

A mis abuelos Manuel, Rosa, Brígida y Luis por su apoyo constante.

A mi novia Massiel por su apoyo incondicional y ser mi motivación para cumplir todas mis metas.

Quispe Rivas Carlos Alberto

Lleno de regocijo y mucho amor dedico este proyecto.

a Mis padres, Marco y July, por siempre apoyarme cuando más lo necesite y motivarme a sentir adelante, cuando sentía que ya no podía más.

A mis hermanos Nicolas y Gabriel, porque son mi motivación para seguir adelante día a día, les agradezco que siempre confiarán en mí.

A mis queridas y amadas abuelas, Norma y Juana, por apoyarme en mis metas desde mis primeros pasos en este mundo.

Y sin dejar atrás a toda mi familia gracias por la confianza que me tuvieron y por permitirme ser su orgullo.

Leyva Salazar Diego Alonso

AGRADECIMIENTO

A nuestra querida Universidad Ricardo Palma que a lo largo de estos años nos brindó los valores y conocimientos para concluir nuestra carrera.

A nuestro asesor Mg. Ing. Fernández Reynaga Rodolfo por su aporte académico en nuestra investigación.

A la Mg. Ing. Dávila Fernández Susana Irene por haber revisado y enriquecido la tesis.

Carlos y Diego.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Formulación y delimitación del problema general y específicos	1
1.1.1. Problema general.....	3
1.1.2. Problemas específicos	3
1.2. Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Importancia y justificación del estudio.....	4
1.4. Limitaciones del estudio	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Marco histórico	6
2.1.1. A nivel internacional	6
2.1.2. A nivel nacional	9
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	11
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	13
2.3.1. Lean construction	13
2.3.2. Productividad	20
2.4. Definición de términos básicos.....	23
CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS	25
3.1. Hipótesis	25
3.1.1. Hipótesis principal.....	25
3.1.2. Hipótesis secundarias	25
3.2. Variables	25
3.2.1. Variable independiente.....	25
3.2.2. Variable dependiente.....	26
3.3. Operacionalización de las variables.....	27
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	28
4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación	28

4.2. Población de estudio	29
4.3. Diseño muestral	29
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
4.5. Procedimientos para la recolección de datos	30
4.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	31
CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
5.1. Descripción del proyecto	32
5.1.1. Altura de Edificación	33
5.1.2. Áreas mínimas de vivienda	34
5.2. Descripción de los Procesos Constructivos en Obra.	34
5.2.1. Encofrado y desencofrado	34
5.2.2. Fabricación de Prelosas	39
5.2.3. Almacenamiento de prelosas en obra	44
5.2.4. Apuntalamiento e instalación de prelosas	46
5.3. Implementación de Lean Construction	55
5.3.1. Plan Maestro	55
5.3.2. Sectorización	61
5.3.3. Programación intermedia o Lookahead Planning	64
5.3.4. Programación semanal	67
5.3.5. Programación diaria	69
5.4. Análisis de resultados	73
5.4.1. Porcentaje del plan cumplido	73
5.4.2. Porcentaje semanal de producción	74
5.4.3. Eficiencia en la obra de losa prefabricada	76
5.4.4. Eficacia de una obra de losa prefabricada	77
5.5. Contrastación de hipótesis	79
5.5.1. Evaluar cómo el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada	79
5.5.2. Demostrar cómo el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada	81
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	84
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

ANEXOS	94
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Operacionalización de las variables	27
Tabla N° 2. Distribución de los departamentos del proyecto.....	34
Tabla N° 3. Ecuaciones para determinar las tolerancias	37
Tabla N° 4. Calendario de ventas.....	55
Tabla N° 5. Calendario objetivo o meta.....	56
Tabla N° 6. Actividades del plan maestro.....	56
Tabla N° 7. Sectorización del sótano	62
Tabla N° 8. Programación intermedia de la obra	65
Tabla N° 9. Programación intermedia con restricciones de la obra.....	66
Tabla N° 10. Programación semanal.....	68
Tabla N° 11. Plan diario.....	71
Tabla N° 12. Porcentaje del plan cumplido	73
Tabla N° 13. Porcentaje semanal de producción	74
Tabla N° 14. Clasificación de los tiempos de trabajo en la obra de losa prefabricada ...	76
Tabla N° 15. Presupuesto meta y real de la obra de losa prefabricada	78
Tabla N° 16. Pruebas de normalidad.....	79
Tabla N° 17. Rangos	80
Tabla N° 18. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	81
Tabla N° 19. Pruebas de normalidad.....	82
Tabla N° 20. Rangos	83
Tabla N° 21. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Modelo de calificación de la calidad de la LC rápida.	15
Figura N° 2. Modelo de conformidad Lean.	16
Figura N° 3. Modelo conceptual de Lean Construction (LCP).....	16
Figura N° 4. Modelo de madurez de la construcción ajustada (LCM).	17
Figura N° 5. Marco conceptual de Lean Construction en el sector de la construcción alemán.....	18
Figura N° 6. Principios de Lean Construction.	18
Figura N° 7. Sistema Last Planner® (LPS).....	20
Figura N° 8. Ubicación geográfica del proyecto.....	32
Figura N° 9. Altura del edificio.....	33
Figura N° 10. Prelosas de hasta 6 m de largo, donde $L_i=L_t/4$	44
Figura N° 11. Ubicación de las prelosas en el camión de carga	45
Figura N° 12. Apilamiento de las prelosas.....	45
Figura N° 13. Colocación de tacos para el apilamiento de losas macizas.	46
Figura N° 14. Vista inferior del apuntalamiento de las prelosas.....	47
Figura N° 15. Vista de perfil del apuntalamiento de las prelosas. L_s : 1.5 a 1.8 m.....	48
Figura N° 16. Apuntalamiento construcción de varios pisos, según ACI 347.2R-05, Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings	49
Figura N° 17. Prelosa encuentro con placa	50
Figura N° 18. Orden de desapuntalamiento	50
Figura N° 19. Doblez de las mechas de uno de los extremos de la prelosa.	51
Figura N° 20. Prelosa inclinada 15° del lado de las mechas rectas.....	53
Figura N° 21. Montaje de 1.5cm de prelosa sobre la cara de la viga.....	53
Figura N° 22. Colocación del acero transversal.....	54
Figura N° 23. Sectorización del sótano.....	62
Figura N° 24. Sectorización de la torre.....	63
Figura N° 25. Porcentaje del plan cumplido	69
Figura N° 26. Porcentaje del plan cumplido	73
Figura N° 27. Porcentaje semanal de producción	75
Figura N° 28. Tiempos antes de la implementación Lean Construction.....	77
Figura N° 29. Tiempos después de la implementación Lean Construction	77
Figura N° 30. Presupuesto meta y real de la obra de losa prefabricada.....	78

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general Implementar Lean Construction para optimizar la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda. La metodología fue de tipo aplicada, de nivel explicativo, con un diseño pre experimental y cuantitativo, la población por todas las actividades constructiva de la obra de losa prefabricada, se aplicó la observación directa y el análisis documental, los instrumentos utilizados fueron la fichas de registros.

Se aplicó la herramienta Last Planner System (sistema del último planificado) perteneciente a la filosofía Lean Construction (LC). Se obtuvo como resultado un porcentaje del plan cumplido promedio igual a 90%, mientras que el porcentaje semanal de producción promedio fue igual a 97%; por otro lado antes de implementar LC la eficiencia de la obra prefabricada en tiempo productivo promedio fue 154,44 min (27%), el tiempo contributivo promedio fue 232,56 min (41) y el tiempo no contributivo promedio fue de 180,20 min (32%); después de implementar LC el tiempo productivo promedio fue 193,04 min (34%), el tiempo contributivo promedio fue 268,32 min (47) y el tiempo no contributivo promedio fue de 108,64 min (19%), siendo esta diferencias significativas (0.000); mientras que la eficacia de la obra prefabricada total fue de 94% con un presupuesto meta de S/ 5.558.663,02 y un presupuesto real de S/. 5.226.635,94, con una diferencia de S/. 332.027,08 siendo significativa (0.000). Se concluye que la filosofía Lean Construction logró optimizar significativamente la productividad relacionada con los tiempos laborales y los costos reales de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

PALABRAS CLAVES: Lean Construction, Last Planner System, Productividad, Eficiencia, Eficacia.

ABSTRACT

The general objective of the research was to implement Lean Construction to optimize the productivity of a prefabricated slab construction site in the Lavanda multifamily project. The methodology was applied, at an explanatory level, with a pre-experimental and quantitative design, the population for all the construction activities of the precast slab work, direct observation and documentary analysis were applied, the instruments used were the record cards.

The Last Planner System tool was applied, which belongs to the Lean Construction (LC) philosophy. As a result, the average percentage of the plan fulfilled was 90%, while the average weekly production percentage was 97%; on the other hand, before implementing LC, the efficiency of the prefabricated work in average productive time was 154.44 min (27%), the average contributory time was 232.56 min (41) and the average non-contributory time was 180.20 min (32%); after implementing LC the average productive time was 193.04 min (34%), the average contributory time was 268.32 min (47) and the average non-contributory time was 108.64 min (19%), being this significant differences (0.000); while the efficiency of the total prefabricated work was 94% with a target budget of S/. 5,558,663.02 and an actual budget of S/. 5,226,635.94, with a difference of S/. 332,027.08 being significant (0.000). It is concluded that the Lean Construction philosophy was able to significantly optimize productivity related to labor time and actual costs of a prefabricated slab construction site in the Lavanda multifamily project.

KEY WORKS: Lean Construction, Last Planner System, Productivity, Efficiency, Effectiveness.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las infraestructuras y el crecimiento económico están estrechamente relacionados y es esencial que los proyectos de construcción se completen a tiempo y dentro del presupuesto. Sin embargo, los resultados de las investigaciones realizadas a principios de los años 90 indican que sólo el 54% de los compromisos adquiridos en los proyectos de construcción se completaron a tiempo. También se ha documentado que el 70% de los proyectos de construcción superan el presupuesto y se entregan con retraso (Venkatesh y VVenkatesan, 2021).

Una de las razones fundamentales de este hecho se ha evaluado como un fallo en la planificación inadecuada del proyecto a la hora de establecer un plan realista que proporcione claridad sobre los objetivos, los plazos y la eliminación de las limitaciones necesarias para alcanzar los objetivos a corto plazo. Una de las formas más eficaces de aumentar la productividad es planificar de forma más eficiente y también mejorar la producción reduciendo los retrasos.

Por esta razón este trabajo de investigación tiene el propósito de Implementar Lean Construction para optimizar la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

Para el logro de este propósito la presente investigación se estructura de la siguiente manera: Capítulo I conformado por la formulación del problema, objetivos, importancia y justificación además de limitaciones. Capítulo II conformado por el marco teórico constituido por el marco histórico, investigaciones relacionadas con la temática y la estructura teórica y científica que sustenta la investigación. Capítulo III conformada por el sistema de hipótesis y variables. Capítulos IV conformado por la metodología del estudio donde se describe el diseño metodológico, el diseño muestral, las técnicas e instrumento de recolección de datos, procedimiento y técnica de análisis. Capítulo V constituye la presentación y análisis de resultados donde se describen los hallazgos encontrados en la tesis. Capítulo V constituye la discusión de los resultados donde se comparan con los antecedentes citados. Y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación y delimitación del problema general y específicos

El proceso de producción en la construcción debe entenderse como un proceso integrado, al igual que otras actividades industriales. Sin embargo, en la actualidad se encuentra muy fragmentado, categorizado en campos independientes como el diseño, centrado en la especialidad de la arquitectura; la ejecución del proyecto, dividida entre arquitectos e ingenieros; y la construcción, realizada por empresas independientes separadas de los campos de actuación de las anteriores, donde también están presentes arquitectos e ingenieros (Awad et al., 2021).

Al considerar cualquier otro proceso y desarrollo en el ámbito industrial, las actividades, tareas y trabajos se coordinan, gestionan y dirigen de forma muy diferente a los procesos de construcción. La construcción, para incluirse en una dinámica industrial, debe combinar las siguientes etapas: El diseño, la concepción del espacio, el proyecto, el traslado a la producción y, por último, la construcción de la obra, así como el seguimiento postventa (Awad et al., 2021).

El análisis de los edificios actuales tiene muchos aspectos característicos que difieren de la producción industrial típica, en la que todas las actividades de producción suelen estar controladas por la misma entidad o empresa y se rigen por la misma metodología, normas, reglamentos y objetivos de rendimiento comunes (Awad et al., 2021).

El sector de la construcción es notorio por su ineficiencia, que se traduce en baja productividad, frecuentes retrasos, excesos de presupuesto y mala calidad. Esto sucede a nivel mundial, tal es el caso de Australia donde la productividad de este sector calculada en las horas trabajadas disminuyó un 2,5% entre 2017 y 2018, mientras que la productividad media mundial de la construcción creció un 1%. Otro estudio reveló que el 89% de los encuestados que trabajan en empresas de construcción australianas informaron de un mal rendimiento de los proyectos, en particular de los retrasos y los sobrecostos (Fauzan y Sunindijo, 2021).

La creación del sector constructivo ha crecido apenas 1% al año en las últimas 2 décadas y se refleja en el rezago de la productividad, combinado con la escasez de trabajadores calificado, y el coste impredecible de los materiales, lleva a que los proyectos tengan un bajo rendimiento, sobrepasen el presupuesto, y los tiempos de ejecución sean mayores a los planificados (McKinsey & Company 2020).

En el caso de América Latina se evidencian problemas de productividad en la construcción de viviendas, específicamente en México se observó una baja productividad en términos de tiempo no contributivo, el cuál alcanzo un 32% con respecto al tiempo productivo, esto motivado la falta de información del rendimiento de las cuadrillas, el desabastecimiento de materiales, entre otros (Pérez Gómez Martínez et al., 2019).

En relación a la actividad constructiva en el Perú, este se vio afectado por la pandemia del COVID-19, redujo su productividad en 15.6% durante el 2020 (Verán-Leigh et al. 2021). Este panorama no ha cambiado mucho, ya que la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO, 2022) sostiene que la actividad constructora tuvo una contracción del 5.8% en noviembre del 2021, además su predicción para el final del año es de 12.4%, a pesar de estos datos, mencionan que en el año 2021 se pudo superar el mal desempeño del año 2020.

Esta situación descrita no es ajena para una empresa de construcción ubicada en Lima Metropolitana, esta empresa encarga de ejecutar diversos obras de construcción como proyecto multifamiliar ha registrado un descenso en su productividad después del levantamiento de las restricciones por la pandemia del COVID-19, debido a que no se cumple con los tiempos de planeación maestra establecida para la obra, se evidencia retrasos en la planificación semanal, tampoco se cumple con la producción semanal, se observa una a la ineficiencia en la gestión de personal (viajes excesivos, esperas, paros no planificados, retrabajos, tiempo no contributivo). De no tomarse medidas para corregir la baja productividad en las obras de la empresa, esto traerá como consecuencia falta de cumplimiento del plazo de entrega de la obra, incremento en los costos del presupuesto, consumo excesivo de materiales, disminución de la rentabilidad de la empresa.

Por lo antes expuesto, se plantea implementar la filosofía Lean Construction para la optimización de la productividad de una obra de losa prefabricada en proyecto multifamiliar Lavanda. Ante las altas expectativas de recuperación del sector construcción en los próximos años, la implementación de diversos métodos y filosofías constructivas como el Lean Construction (LC), para mejorar los sistemas de construcción, permite lograr la mejorar productividad, que repercute en la competitividad y rentabilidad de la empresa constructora

1.1.1. Problema general

¿En qué medida la implementación de Lean Construction optimiza la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda?

1.1.2. Problemas específicos

1. ¿En qué medida el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda?
2. ¿En qué medida el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Implementar Lean Construction para optimizar la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar cómo el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

2. Demostrar cómo el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

1.3. Importancia y justificación del estudio

La importancia de esta investigación reside en generar herramientas de LC efectivas para la empresa de construcción que permitan mejorar la productividad en sus operaciones, un aumento de esta última repercute directamente en diversos aspectos, a saber: la satisfacción al cliente, ya que se cumplen o mejoran los tiempos de entrega de los proyectos; el posicionamiento en el mercado de la construcción, motivado a que la empresa será reconocida como una organización que posee un desempeño elevado tanto en el tiempo de realización de los proyectos como en la calidad de sus productos constructivos; y en la rentabilidad debido a que al ser más productivos se puede lograr un incremento en los ingresos económicos en la empresa por la disponibilidad de tiempo para asumir nuevos proyectos constructivos.

A partir de todo lo planteado, el estudio se justifica de manera teórica debido a que permite generar una adecuada interpretación de los aspectos conceptuales relacionados con el LC y los orientados a la productividad de una obra. Además de aportar nuevas ideas conceptuales en estas áreas de la Ingeniería Civil y aportar a su discusión en la comunidad científica interesada.

De igual forma, desde el punto de vista práctico, se justifica porque en la empresa no se gestionan correctamente las planificaciones maestras y semanales de la obra, así como la distribución de las actividades de las cuadrillas y la asignación adecuada de material y las herramientas de LC le permitirán a la empresa solventar estas dificultades y de esta manera mejorar su productividad en la ejecución de la obra de proyecto multifamiliar.

Desde el ámbito metodológico, el estudio se justifica, porque contribuye con técnicas, instrumentos de medición y análisis para la información obtenida, que pueden ser utilizados por nobles investigadores, tanto en empresa del sector construcción como del área académica.

1.4. Limitaciones del estudio

Una de las limitaciones de la investigación radica el acceso al expediente técnico del proyecto de viviendas multifamiliar, debido a que la empresa considera esta información es de carácter confidencial.

Otra de la limitaciones radica en la variabilidad de personal en los proyecto constructivo, ya que es común la rotación del personal operativo por lo que no esté familiarizado con la ejecución de las distintas actividades en los plazos establecidos en la planificación semanal.

Asimismo, el estudio se limita a la comparación de las actividades previstas y la realizada en la obra de losa prefabricada en proyecto multifamiliar Lavanda para el año 2022, por lo cual no se tendrá la disponibilidad de una obra que funcione como grupo control para la comparación de la productividad.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

2.1.1. A nivel internacional

Bajjou, & Chafi (2020) en su investigación “Lean construction and simulation for performance improvement: a case study of reinforcement process”, tuvieron el propósito de evaluar el impacto de la implementación de los principios de la construcción ajustada en el rendimiento de las operaciones de refuerzo mediante un enfoque de simulación de eventos discretos (DES). La metodología se basó en el mapeo del proceso de las operaciones de refuerzo, se estableció en primer lugar mediante la observación sobre el terreno y las entrevistas con los responsables de la construcción implicados en el proyecto seleccionado. Posteriormente, se recopilaron datos cuantitativos y se utilizaron para identificar las mejores funciones de densidad probabilística para la duración de cada actividad, basándose en las pruebas de calidad de ajuste. Una vez comprobada la validez del modelo del mundo real, se desarrolló un modelo de simulación lean, utilizando el software ARENA, para investigar el impacto de los principios de construcción lean en el rendimiento de dichos procesos. Se obtuvo como resultados que las mediciones del rendimiento del modelo real y del modelo ajustado revelaron que los principios de construcción ajustada condujeron a una mejora del 41% en la productividad del proceso, una mejora del 14% en la eficiencia del proceso y una reducción del 17% en la duración del ciclo. Se concluyó que los principios lean son eficaces para mejorar el rendimiento del proceso de construcción seleccionado.

Mohammadi et al., (2020) en su artículo científico “Applying lean construction principles in road maintenance planning and scheduling” tuvieron como objetivo presentar una novedosa guía de decisión para integrar los principios de LC en una planificación y programación formalizada clásica de mantenimiento de carreteras, con el fin de facilitar la reducción de las actividades que no añaden valor. La metodología se basó en un estudio de caso, el cual residió en emplear los principios de LC en proyectos de mantenimiento de carreteras para identificar desechos. Se obtuvo como resultados una reducción en la asignación

de costes para la carretera seleccionada con niveles de condición similares en comparación con las prácticas clásicas. El modelo podría eliminar las actividades que no aportan valor, limitar la brecha en la variabilidad del plazo de entrega y reducir la complejidad operativa como tres principios fundamentales del pensamiento lean. Además, el enfoque presentado podría ayudar a las agencias de carreteras a minimizar los retrasos, asignar óptimamente los recursos del proyecto y seleccionar contratistas de construcción cualificados de forma más eficiente.

Ahmed et al., (2020) en su investigación “Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges” plantearon como finalidad evaluar el nivel actual de concienciación sobre la práctica de la construcción ajustada, identificar los beneficios potenciales y los retos para implementar la construcción ajustada en la industria de la construcción de Bangladesh y priorizarlos. La metodología radicó en una exhaustiva exploración de la literatura para diseñar un cuestionario para la encuesta. El cuestionario final se ha diseñado con 27 herramientas lean, 41 retos y siete ventajas de la ejecución de los principios lean en el sector constructivo. Se recolectaron 164 respuestas válidas de profesionales de la construcción de Bangladesh que trabajan en diferentes tipos de organizaciones de la construcción. El resultado se ha analizado mediante el Índice de Importancia Relativa (IRI). Se obtuvo como resultado 41 desafíos para implementar la construcción ajustada con siete beneficios en la industria de la construcción de Bangladesh. El resultado muestra que un número apreciable de encuestados conoce las técnicas de construcción ajustada, pero no las practica. Los resultados también han señalado que el enfoque de la construcción ajustada tiene un efecto positivo fundamentalmente en la productividad, el coste, el medioambiental, la seguridad y la calidad. Se concluye que Los retos más importantes a la hora de aplicar la construcción ajustada son: la falta de concienciación y de habilidades, la mala gestión, la cultura tradicional y la actitud de los empleados, la insuficiencia de recursos y equipos y la no utilización de técnicas y tecnologías modernas.

Martínez et al., (2019) en su investigación titulada “Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America” plantearon como objetivo explorar las oportunidades y las barreras para el uso de LC para abordar cuestiones relacionadas con el valor, la calidad y la escalabilidad de la producción de viviendas asequibles en América Latina. La metodología se basó en un estudio de caso de un promotor de viviendas en Ecuador que utilizó el LC en el diseño y construcción de un proyecto de viviendas asequibles. El estudio describe cómo el promotor abordó los retos operativos procedentes de la ejecución de una táctica de personalización y analiza los datos cualitativos y cuantitativos para evaluar los resultados de las iniciativas lean. Se obtuvo como resultado una reducción del 25% en el inventario de encofrados, una reducción del 20% en los costes de los equipos de encofrado y una reducción del tiempo necesario para montar la estructura de una casa de 7 a 3 días. Además, dieron lugar a un proceso de planificación apoyado por las tecnologías de la información, mejorando el plazo de entrega de la construcción de viviendas en 2 días. Se concluye que las condiciones económicas y políticas actuaron en contra de los beneficios de LC, lo que demuestra la importancia del contexto normativo para facilitar o inhibir las iniciativas ajustadas y la innovación en la construcción.

Jiang et al. (2019) en su estudio “Lean construction practice: culture, standardization and informatization—a case from China” plantearon como objetivo presentar a una empresa constructora China, demostrando algunos de los resultados más exitosos de la LC en China. La metodología se basó en estudio de casos en el que se sigue todo el proceso de implementación del proyecto. Los datos se recogen a partir de entrevistas, reuniones y estadísticas. Se obtuvo como resultados que en comparación con el modo tradicional, se acortó la duración en 104 días con una tasa de reducción del 19,62%; el empleo de trabajadores cualificados se ahorró en un 16%, y el costo del personal se redujo en un 2,33%; la tasa total de ahorro de costes fue del 2,88%. Se concluye que la práctica del sistema Last Planner® (LPS) se ve favorecida por un control de precisión a nivel horario para mejorar la eficiencia.

2.1.2. A nivel nacional

Carrera y Paredes (2021) en su tesis “Propuesta de aplicación del Lean Construction para mejorar la planificación y el control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural en la empresa Ripesa Perú E. I. R. L. - 2020” se plantearon como propósito aplicar el LC en la organización, en una partida específica en la obra mencionada. La metodología se basó en la ejecución de técnicas de la filosofía Lean como: Carta de balance o de equilibrio de una cuadrilla, tren de actividades y LPS. Se obtuvo como hallazgo una mejora del 21% del tiempo de trabajo, de un 30% en el tiempo contributivo (TC), un 49% en el tiempo no contributivo (TNC). Se concluye que, la filosofía LC a través de sus herramientas mejora la planeación y supervisión en la ejecución de obras.

Mamani Zela (2021) en su tesis titulada “Aplicación de herramientas Lean Construction para el mejoramiento de productividad en proyectos de saneamiento básico rural ejecutadas por la empresa SICMA SAC en la región de Puno durante los periodos 2017-2019” planteó como propósito optimizar la productividad en la realización de módulos básicos de saneamiento, empleando LC. La metodología tuvo un nivel descriptivo y diseño experimental, empleándose como herramientas la carta de equilibrio de cuadrilla y LPS. Se obtuvo como hallazgo un aumento de la productividad total en un 15,03% en relación a la productividad real siendo esta diferencia significativa (0.000); la mano de obra empleada mejor un 16,49% con respecto a la empleada tradicionalmente siendo esta diferencia significativa (0.000); su costo obtuvo una mejora del 18,41% en relación costo del personal tradicional siendo esta diferencias significativa (0.000); el KPI de productividad fue menor a uno sin el empleo de LC y es mayor que uno ($IP > 1$) después de la aplicación de LC. Se concluye que la ejecución de LC mejora la productividad en el proceso constructivo estudiado.

Gilacopa y Colque (2020) en su tesis "Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna" plantearon como finalidad calcular la influencia de la ejecución de LC para el mejoramiento de la productividad de las obras de

construcción en la ciudad mencionada. La metodología aplicada tuvo un enfoque cuantitativo y de paradigma positivista, siendo una investigación descripta, no experimental y transversal, se estudiaron seis operaciones constructivas, se aplicaron la carta de equilibrio de cuadrilla y el nivel general de actividades (NGA). Se obtuvo una mejora en la productividad del 30,10%, en el TC de 45,07%, y en el TNC de 24,83%. Se concluye que la aplicación de LC mejora la productividad, la programación y la realización de las obras.

Marino y Marino (2021) en su tesis “Aplicación de Lean Construction para incrementar la productividad laboral en la ejecución de obras de pavimentación, Trujillo, 2020” propusieron calcular la manera en que la ejecución de LC incrementa la productividad laboral en la ejecución de obras mencionada. La metodología fue de tipo aplicada con un orientación cuantitativa, la muestra a analizar la conformaron 24 individuos y se aplicaron encuestas y la carta de equilibrio de cuadrilla. Se obtuvo como resultado que en la subbase y base granular, el trabajo es productivo en un 62.5%, contributivo en un 25% y no contributivo en un 12.5%. Se concluye que la productividad mejora con la aplicación de la LC.

Mengo y Tuny (2021) en su tesis “Mejora de la productividad con la aplicación de Lean Construction en la etapa de ejecución del proyecto Hotel IBIS-Miraflores, Lima, Perú 2019” plantearon como propósito incrementar la productividad a partir de la implementación de LC y sus herramientas para reducir los desperdicios en el proceso constructivo optimizando los costes y el tiempo planificado para su ejecución. La metodología fue de tipo básica y aplicada, se realizó una investigación de campo y cuantitativa, las herramientas aplicadas fueron LPS, planificación Look Ahead, plan semanal y plan diario. Se obtuvo como resultado la mejora de la productividad con un aumento del TP de 39%, un aumento del TC de 42%, una mejora del 19% en el TNC y una mejora en los costos del 1.5%. Se concluye que el LC mejora la productividad del proyecto.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

En relación a la implantación de LC en el sector de la construcción marroquí: Conciencia, beneficios y barreras, Bajjou y Chafi (2018) considera que el retraso recurrente en el cronograma y el sobre costo de los proyectos de construcción se considera un problema inherente en el campo de la construcción y la ingeniería. Además de eso, la industria de la construcción también se caracteriza por una baja calidad, poca seguridad y efectos negativos en el medio ambiente.

Sin embargo, en muchos países se han obtenido grandes beneficios y mejoras en la industria de la construcción marroquí al adoptar la LC dentro de los proyectos de construcción. Algunos ejemplos de esto caso de éxito mencionan un estudio hecho en Estados Unidos, donde se evaluó la implementación de seis herramientas de construcción esbelta (LPS, estudios de primera ejecución, mayor visualización, las cinco S y a prueba de fallas para la calidad, reuniones de grupo) en un proyecto de estacionamiento-garaje durante un período de seis meses, y el los beneficios eran tangibles; el proyecto se completó dentro del presupuesto total, tres semanas antes de lo previsto y con un mínimo de defectos de calidad. Otro caso fue el de una gran empresa de construcción sueca, donde se obtuvo un aumento en el valor agregado del 40 al 45% que reduce el costo del proyecto en un 1,25% (Bajjou y Chafi, 2018).

En Europa también se ha evidenciado beneficios de LC por medio de la estimación de Monte Carlo, Erol et al. (2017) compararon los escenarios antes y después de la aplicación de la filosofía lean de un proyecto de construcción residencial en Turquía, los resultados de este estudio muestran que la duración total del proyecto se redujo entre un 6,15% y un 9,56% después de incorporar los principios de construcción ajustada.

En África, desde la década pasada se ha visto beneficio importante por la aplicación de LC en los procesos constructivo, de acuerdo a las investigaciones revisadas por Bajjou y Chafi (2018) encontraron que al implementar LPS en un proyecto industrial en Egipto, la técnica ayudó a reducir la duración total del proyecto en un 15,57%. Mientras que la aplicación la misma técnica de LC en 50 unidades de vivienda en

Nigeria, lograron completar el proyecto en 65-72 días, lo que muestra resultados impresionantes en comparación con el método tradicional (no menos de 120 días).

Por otro lado, se han estudiado los obstáculos y barreras que dificultan el despliegue y la difusión de la construcción esbelta. Los estudios previos que investigan las barreras que obstaculizan la ejecución de la filosofía de LC en la industria de la construcción se pueden clasificar en estudios realizados en países en desarrollo y países desarrollados (Bajjou y Chafi, 2018).

En países en vía de desarrollo ubicados en África, se ha aplicado una encuesta a empresas constructoras sudafricanas, Aigbavboa et al. (2016) encontraron varias barreras para la implementación de LC en la industria de la construcción de Sudáfrica, como "planificación previa inadecuada", "mano de obra no calificada" y "mala comunicación". Por otro lado en Libia Omran y Abdulrahim (2015) encontraron que la falta de cultura organizacional y la falta de conocimiento y habilidades que respaldan el trabajo en equipo fueron las barreras más desafiantes para el despliegue de LC en la industria de la construcción de ese país.

De manera similar, Ayalew et al. (2016) indicó que el 74% de los encuestados piensa que la falta de conocimiento sobre las prácticas de LC y los trabajadores no calificados es la barrera más influyente para el despliegue de la construcción ajustada en la industria de la construcción etíope.

Además, Neeraj et al. (2016) informaron que las barreras más significativas en los Estados Unidos son el conocimiento inadecuado sobre la implementación de la construcción ajustada, que ocupó el primer lugar con un 47%. Por otro lado, existen barreras específicas según el contexto de cada país, como recursos financieros insuficientes y falta de apoyo gubernamental, y que fueron más recurrentes en los países en desarrollo.

Demirkesen y Bayhan (2020) proponen un modelo de éxito de la implantación de Lean en el sector de la construcción, donde se identificó un conjunto de criterios de éxito en base a una extensa investigación bibliográfica, y el conjunto de criterios se clasifica en siete categorías, a saber, financiera, gerencial, técnica, laboral, cultural,

gubernamental y de comunicación. Luego, se desarrollaron un modelo de proceso de red analítico (ANP) para revelar los vínculos entre los atributos del éxito mientras el equipo de cinco expertos calcula los pesos de importancia de estos atributos. Los datos utilizados para el modelo ANP se recopilan de ocho ingenieros civiles experimentados a través de un cuestionario administrado en dos partes. El modelo desarrollado en el estudio reveló que la formación Lean y la disponibilidad de herramientas y técnicas Lean eran las dos principales variables que afectaban al éxito de la implantación de Lean. Además, la cuota de mercado y una clara comprensión de los requisitos técnicos resultaron ser los dos siguientes determinantes del éxito de la implantación de Lean.

Ahora bien, Braglia et al., (2020) realizaron una investigación centrada en la Productividad global de la construcción (PGC), para lo cual proponen una nueva métrica lean para identificar las pérdidas en la construcción y analizar sus causas en las cadenas de suministro de la construcción de ingeniería por encargo (IE), aplicada en una empresa mediana proveedora de fachadas por IE y un proyecto de construcción de un hospital, ambos situados en el norte de Italia. Obtuvieron que la Cantidad de Trabajo Interno fue el 92,1% de la Cantidad de Trabajo Neto Registrado; la cantidad de trabajo in situ fue el 88,9% de la cantidad de trabajo interno; el valor estándar del trabajo fue el 91,6% del valor del trabajo en el lugar; finalmente, el indicador PGC evalúa qué parte de la cantidad neta de trabajo registrada se utilizó para actividades de trabajo de valor añadido siendo el valor obtenido igual a 75,0%.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1. Lean construction

El término Lean construction o gestión ajustada de la construcción (LC) se deriva de los principios ajustados que se aplican en la industria de la producción y hace referencia a los conceptos originales del Sistema de Producción Toyota (TPS). Uno de los elementos centrales de la gestión ajustada, en general, es el objetivo de maximizar el valor desde la perspectiva del cliente mediante la eliminación de los residuos. En el sector de la construcción, los despilfarros pueden consistir, por ejemplo, en retrabajo o tiempo de espera (Schimanski et al., 2020).

La industria de la construcción se define generalmente como un sector urbano relacionado con la preparación y construcción de propiedades inmobiliarias, así

como la reparación de cualquier edificio o infraestructura existente (Bajjou et al., 2019). De acuerdo los autores antes mencionados, La industria de la construcción puede agruparse en tres categorías principales:

- Proyectos de construcción que incluyen la ingeniería civil y la construcción pesada, como carreteras y puentes.
- Proyectos de construcción relacionados con la construcción de propiedades inmobiliarias, como infraestructuras comerciales o residenciales.
- Proyectos de construcción que incluyen actividades especializadas relacionadas con trabajos mecánicos, eléctricos y de fontanería.

La construcción está considerada como uno de los sectores más pujantes que han experimentado un gran aumento en todo el mundo. Sin embargo, desde hace tiempo esta industria se enfrenta a un reto clave, a saber, los residuos o también conocidos como actividades sin valor añadido. El despilfarro es una actividad que requiere insumos (material y/o información, coste, tiempo, espacio y mano de obra) pero que no añade el valor que necesita el cliente. Además, el despilfarro se clasifica en dos dimensiones principales: en primer lugar, el despilfarro que incluye factores relacionados con el tiempo, como la espera de aclaraciones, instrucciones o validaciones, paradas, aclaraciones, errores en la información y repeticiones de obras. En segundo lugar, el despilfarro relacionado con el material, a saber, la sobreproducción, el exceso de inventario y el vandalismo. También se han identificado ocho fuentes de despilfarro en la construcción, en las que se coincide: Espera, exceso de producción, inventario, exceso de procesamiento, movimiento, defectos, transporte y mal uso de las habilidades (Bajjou et al., 2019).

Hoy en día, la LC se considera una forma eficaz de producir las mejores prácticas de construcción que conducen a un nivel de productividad más óptimo con la mínima parte de actividades sin valor añadido. Como es sabido, LC es un enfoque adaptado de Lean Manufacturing (Bajjou et al., 2019).

El LC es una forma de diseñar el sistema de producción para minimizar el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzos, con el fin de generar el máximo

valor posible del producto final (Bajjou et al., 2019). Este concepto se ha introducido en varios países, como Brasil, Estados Unidos de América, Reino Unido, Alemania y Malasia, y se han desarrollado varios modelos de LC, Bajjou et al. (2019) realiza una síntesis de todas estas adaptaciones:

Modelo de calificación de la calidad de la LC rápida. Este modelo se desarrolló en colaboración con dos universidades, la brasileña Universidad Federal de Paraná en Curitiba y la alemana de Karlsruhe. Se basa en seis principios fundamentales (enfoque en el cliente, conciencia de los residuos, calidad, flujo de materiales y extracción, organización/planificación/flujo de información, mejora continua). El modelo LCR tiene en cuenta la evaluación de los seis principios principales en conjunto, como se muestra en la Figura N° 1. Además, muestra un esquema de clasificación que ayuda a las empresas a identificar el nivel de madurez de los proyectos de construcción. El grado de aplicación de la LC distingue entre los proyectos d (el nivel más bajo posible -baja calidad y escasa orientación a la mejora, despilfarro-) y los proyectos aaa (el nivel más alto -esfuerzo por la perfección en la mejora de la calidad y la aplicación de la LC-).

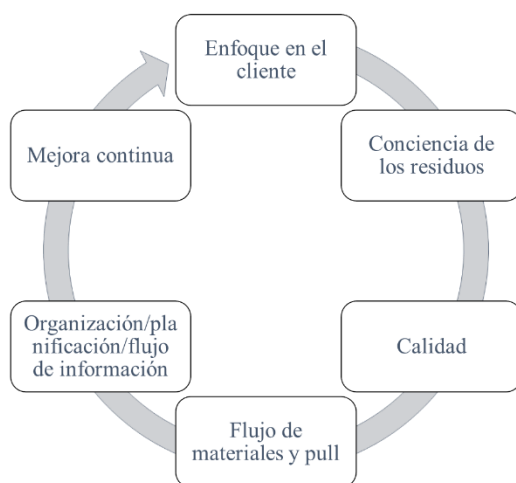


Figura N° 1. Modelo de calificación de la calidad de la LC rápida. Fuente: Bajjou et al. (2019)

Modelo de conformidad Lean. El Instituto de la Industria de la Construcción (CII), organización estadounidense especializada en la mejora del rendimiento de la construcción, realizó un estudio para identificar las mejores prácticas de Lean Construction. Como parte de este trabajo, el CII ha desarrollado un Modelo

de Conformidad Lean (LCM), que se denomina Rueda de Construcción Lean. Este modelo muestra cinco principios principales, como se ilustra en la Figura N° 2.



Figura N° 2. Modelo de conformidad Lean. Fuente: Bajjou et al. (2019)

Modelo conceptual de Lean Construction (LCP). Este Modelo resume los conceptos más relevantes de Lean Construction. Este modelo es el resultado de un estudio realizado en el sector de la construcción de Malasia. El objetivo de este estudio es resumir el LCP en un modelo comprensible, para evaluar la conciencia del principio de construcción ajustada entre las empresas de construcción malasias. El modelo LCC resume siete principios y conceptos de la construcción ajustada (Especificar el valor, Identificar y mapear el flujo de valor, Flujo, Tirar, Perfección/mejora continua, Transparencia, Variabilidad del proceso), como se muestra en la Figura N° 3

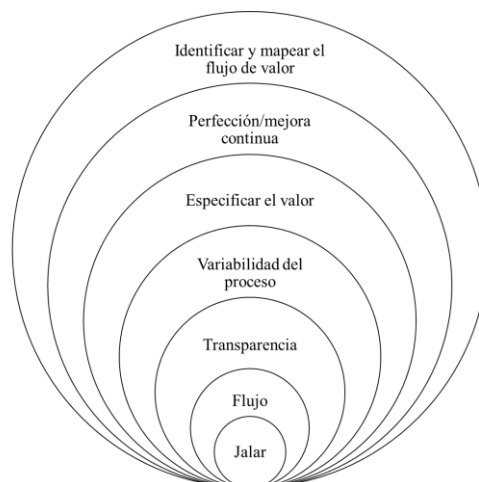


Figura N° 3. Modelo conceptual de Lean Construction (LCP). Fuente: Bajjou et al. (2019)

Modelo de madurez de la construcción ajustada (LCM). Este modelo contiene 11 subprincipios (Cultura y comportamiento, Orientación al cliente, Procesos y herramientas, Resultados empresariales, Aprendizaje y desarrollo de competencias, Cambio, Entorno de trabajo, Forma de pensar, Facilitadores de la mejora, Competencias). Estos atributos clave pueden dividirse en seis principios principales: Aprendizaje, Personas, Filosofía, Procesos y Sistema, Liderazgo y Resultados y Productos, como se muestra en la Figura N° 4. Este modelo fue validado mediante varias entrevistas con expertos en Lean Construction que trabajan como contratistas, consultores o propietarios.

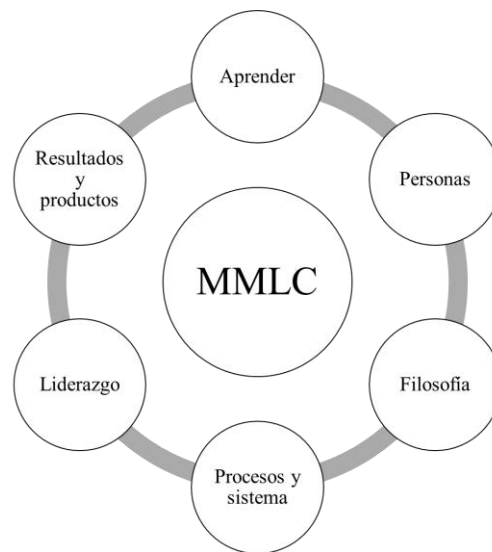


Figura N° 4. Modelo de madurez de la construcción ajustada (MMLC). Fuente: Bajjou et al. (2019)

Marco de la construcción ajustada. Para la construcción de este marco se realizaron encuestas cualitativas y cuantitativas en el sector de la construcción alemán para investigar la coherencia entre las técnicas aplicadas y los conceptos de Lean Construction. La encuesta se refiere a 61 empresas clasificadas entre las 100 principales empresas de construcción de Alemania. El marco conceptual desarrollado se basa en ocho LCP (Gestión, Planificación/Control, Comportamiento, Suministro, Instalación, Diseño, Colaboración, Aprovisionamiento), como se muestra en la Figura N° 5.

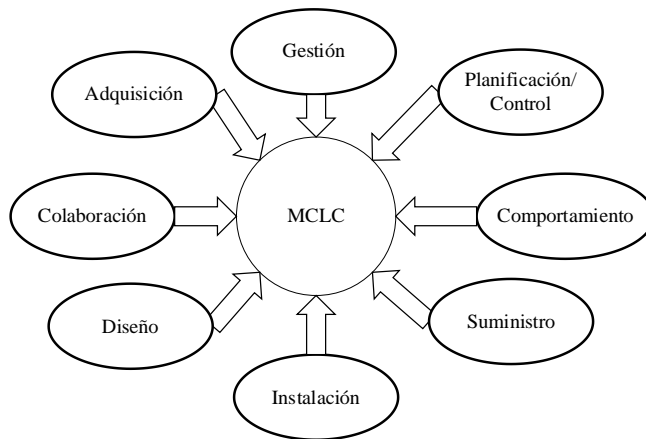


Figura N° 5. Marco conceptual de Lean Construction en el sector de la construcción alemán. Fuente: Bajjou et al. (2019)

Principios de LC. Los principios más relevantes para la industria de la construcción, que son: Variabilidad del flujo, Variabilidad del proceso, Transparencia, Mejora continua, como se muestra en la Figura N° 6. Estos principios permitieron desarrollar una nueva "herramienta de evaluación lean" para valorar el efecto de la implantación de lean en el ámbito de la construcción. La herramienta de evaluación más empleadas de LC son: las cinco "S", el último planificador, las reuniones huddle, el aumento de la visualización, la seguridad para la calidad y los estudios de primera ejecución.

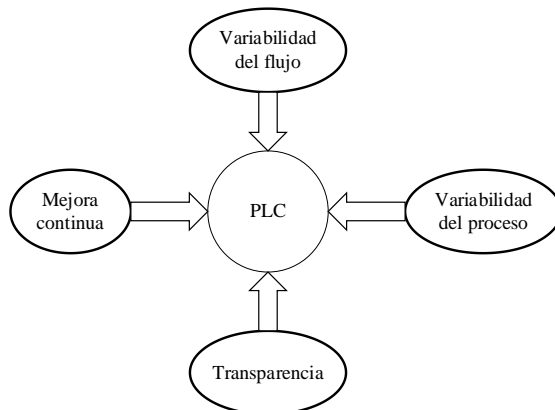


Figura N° 6. Principios de Lean Construction. Fuente: Bajjou et al. (2019)

Last Planner System (sistema del último planificado)

El sistema Last Planner® se ha desarrollado para el sector de la construcción como sistema de planificación y control de la producción. Su objetivo es aumentar la fiabilidad del calendario y suavizar el flujo de trabajo, y se considera uno de los métodos lean más importantes en la ejecución de obras. El LPS se esfuerza por alcanzar sus objetivos mediante la colaboración, la transparencia y

la mejora continua, así como mediante compromisos fiables por parte de los responsables de la realización real de los trabajos, los Últimos Planificadores (Schimanski et al., 2020).

Según Schimanski et al. (2020) cada una de las tareas que pueden ocurrir, necesarias para la finalización de un proyecto de construcción, puede clasificarse técnicamente en cuatro grupos durante su fase de ejecución: (1) Las tareas deben incluir, en principio, todas las tareas necesarias para alcanzar los hitos globales definidos por un programa maestro existente o por los requisitos del cliente. (2) Se abre una ventana de previsión del proyecto definida de forma preliminar consisten en tareas que se pueden hacer, que están libres de restricciones y, por tanto, listas para su ejecución inmediata. (3) Las tareas que se harán se consideran tareas que pueden hacerse cuya ejecución para una fecha de vencimiento definida ha sido asegurada por consenso de todos los implicados y explícitamente por el último planificador responsable. (4) Las tareas que se hicieron, a su vez, son todas las tareas que se hicieron del ciclo LPS preventivo que se han completado en consecuencia (ver figura 1).

Una implementación completa de LPS contiene cuatro niveles (cronograma maestro, cronograma de fases, plan intermedio, plan de trabajo semanal) y métodos pertinentes (por ejemplo, planificación de tirada, promesas fiables, entre otros) para permitir el pleno rendimiento de LPS. Además, existen cinco principios fundamentales de LPS para guiar su implementación, que incluyen (1) planificar con mayor detalle cuando la actividad está más cerca de la ejecución; (2) planificar de forma colaborativa; (3) identificar y eliminar las restricciones de la actividad juntos en un equipo; (4) permitir la promesa fiable; (5) permitir el aprendizaje continuo. En cuanto a las medidas de rendimiento, el Porcentaje de Plan Completo (PPC) es el indicador de rendimiento clave para medir la fiabilidad del flujo de trabajo.

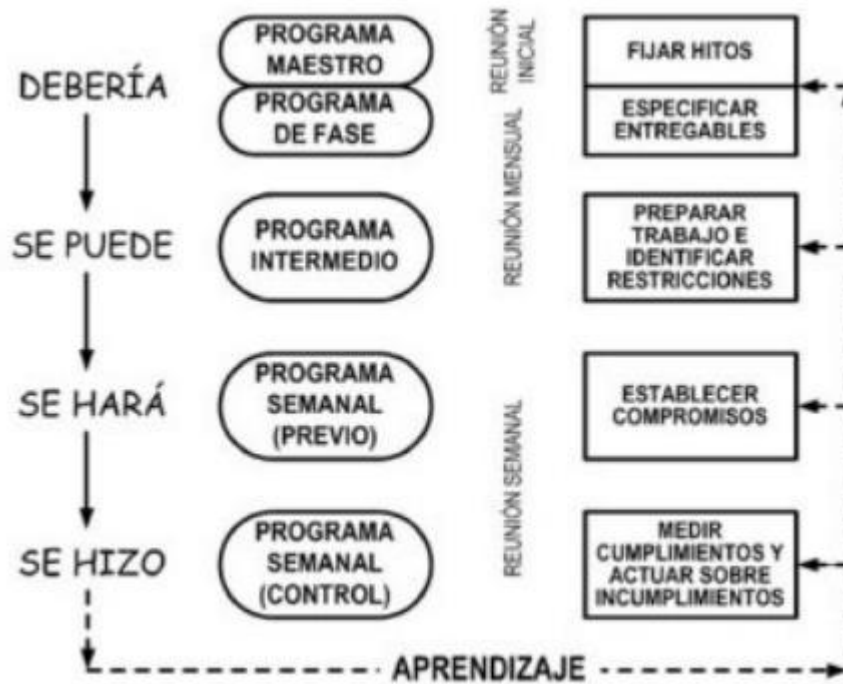


Figura N° 7. Sistema Last Planner® (LPS). Fuente: Cuesta y Molina (2021).

2.3.2. Productividad

El término productividad se asocia principalmente a la producción. Comenzó con la Revolución Industrial y alcanzó su punto álgido durante la Segunda Guerra Mundial. En 1948 se creó el Consejo de Productividad Anglo-Americano, que permitió a la Europa destruida por la guerra unirse a Estados Unidos como potencia económica y militar. Japón era otro país con problemas de productividad. En 1955, Japón creó el Centro de Productividad de Japón (JPC) como estrategia para mejorar la competitividad internacional, lo que permitió elevar los niveles de productividad de la industria manufacturera en todo el mundo. En ese momento, países como China, la Unión Soviética, Europa y África se unieron para lograr los mismos objetivos que Japón (Sandoval y Arce, 2014).

Según los autores mencionados, la productividad tiene cuatro objetivos principales:

1. Social: hacer las cosas mejor que hoy, y ayer y mañana mejor que hoy.

2. Mental: incrementar el estimulación de los miembros de la organización, ya que la productividad se comprende como una fuerza que estimula el esfuerzo constante para rendir mejor en todas las tareas.
3. Económica: se ocupa de aumentar el valor de los productos y servicios y de lograr una distribución equitativa de los beneficios.
4. Técnica: se refiere a la relación entre el producto y el insumo y tiene como objetivo mejorar la calidad de los productos y servicios.

La productividad es una medida de la eficiencia y eficacia con que se utilizan los insumos y el dinero para crear importe monetario. Una alta productividad significa que se puede crear mucho valor económico con poco trabajo o dinero. Un aumento de esta variable significa que se puede conseguir más rendimiento con los recursos disponibles (Galindo y Ríos, 2015).

Según el Instituto de Ingeniería Civil, la productividad de la mano de obra es uno de los indicadores de rendimiento más utilizados para medir el rendimiento de los proyectos, ya que la mano de obra es el recurso más importante y flexible en estas evaluaciones. La literatura indica que muchos profesionales de la construcción creen que los costes y los plazos de construcción pueden reducirse en un 15% o más. Para lograr un importante ahorro de costes y mejoras en la PL, hay que centrarse en la gestión de la construcción. El PL se define como el número de horas-hombre de todos los participantes (equipos) necesarias para completar una actividad determinada, es decir, el número de horas de una actividad por unidad de medida (de Abreu y Lordsleem, 2019). El cálculo de LP se presenta de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Productividad laboral} \\
 & = \frac{\textit{Total de tiempo de ejecución de la obra (h)}}{\textit{Total de volumen de concreto en la obra (m}^3\text{)}}
 \end{aligned}$$

Donde el tiempo considerado corresponde al intervalo entre la disponibilidad del equipo para el servicio de hormigonado y la terminación total del servicio; se considera el tiempo empleado por todo el personal, calificado y no

calificado; se considera el tiempo de espera del equipo entre los hormigoneras; y el volumen total es el que recibe la empresa por el servicio (de Abreu y Lordsleem, 2019).

Solminihac y Thenoux (2017) afirman que las tareas laborales en una obra de construcción constan de los siguientes componentes:

- Trabajo productivo: son las funciones que contribuyen directamente a la producción de una unidad de construcción. Por ejemplo: instalación de accesorios.
- Trabajo contributivo o subordinado: Son tareas de soporte necesarias para la ejecución del trabajo productivo. Por ejemplo: transportar material, construir andamios, recibir o dar instrucciones, interpretar planos, retirar material, limpiar, entre otros.
- Trabajo no contributivo o no participativo: Es el trabajo realizado por los trabajadores que no entra en ninguna de las categorías anteriores y que, por tanto, se considera trabajo innecesario. Por ejemplo, esperar, entrevistar, editar, viajar, otros.

Ahora bien, la eficiencia en un proceso constructivo establece la relación entre la cantidad de tiempo productiva real y tiempo total, persigue reducir el consumo económico de los recursos (realizar las actividades correctamente) (Ayele & Fayek, 2019).

$$Eficiencia = \frac{\textit{Tiempo productivo real (h)}}{\textit{Tiempo total (h)}}$$

Mientras que la eficacia, consiste es la cuantificación del logro de las metas u objetivos, en otras palabras, el grado de las tareas programadas ejecutadas (Ayele & Fayek, 2019).

$$Eficacia = \left(\frac{\textit{Meta - costo de construcción}}{\textit{Meta}} \right)$$

2.4. Definición de términos básicos

Actividad: en la construcción, el expresión actividad se utiliza usualmente para hacer referencia a una operación o tarea en el proceso de construcción.

Cronograma: es un programa que consta de varios puntos con sus correspondientes acciones.

Plan maestro: se refiere a las actividades que "hay que hacer". Selecciona, encarga y mide el trabajo a realizar. Se basa en los recursos necesarios para consumir el proyecto, la productividad de la mano de obra y las contribuciones de los diferentes actores, como proveedores, capataces, entre otros. Esto evita la insolvencia de recursos y elimina algunas de las limitaciones iniciales.

Cuadrilla: En la práctica común de la construcción, se define como un equipo pequeño de grupo de trabajadores asignados a una actividad de construcción específica.

Inventario: Material que se almacena en el sistema pero que no se utiliza para fabricar un producto.

Lookaherd Planning (Planificación intermedia): Este es el siguiente paso después del plan maestro. Consiste en un plan para un periodo de tiempo más corto (3-6 semanas). El objetivo es cumplir o superar la planificación. El calendario debe permitir la identificación de los cuellos de botella que deben ser abordados de manera oportuna. En esta fase, los redactores se ponen de acuerdo sobre las tareas que consideran factibles y realizan un análisis de las limitaciones.

Plan de trabajo semanal: Aquí, las tareas sin restricciones se extraen del plan intermedio para ser completadas en la semana siguiente. Los transformadores deben ceñirse a las tareas de la fase anterior, que forman el plan de producción semanal. Las tareas seleccionadas en el plan de producción semanal deben completarse en la semana siguiente. Al final del plan de trabajo semanal, hay que seleccionar la secuencia lógica y la cantidad correcta de trabajo a realizar.

Porcentaje de finalización del plan (PPS): es la última herramienta del planificador para medir hasta qué punto las actividades realizadas durante la semana de producción se han completado de acuerdo con el plan.

Porcentaje de producción semanal (P.S.P.): Es la relación entre los valores realmente medidos por el rebaño y los valores teóricos de la actividad.

CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

El Lean construction optimiza significativamente la productividad en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

3.1.2. Hipótesis secundarias

A. El Porcentaje del plan cumplido optimiza significativamente la eficiencia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

B. El porcentaje semanal de producción optimiza significativamente la eficacia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

Lean construction: El término Lean construction o gestión ajustada de la construcción (LC) se deriva de los principios ajustados que se aplican en la industria de la producción y hace referencia a los conceptos originales del Sistema de Producción Toyota (TPS). Uno de los elementos centrales de la gestión ajustada, en general, es el objetivo de maximizar el valor desde la perspectiva del cliente mediante la eliminación de los residuos. En el sector de la construcción, los despilfarros pueden consistir, por ejemplo, en retrabajo o tiempo de espera (Schimanski et al., 2020).

3.2.2. Variable dependiente

Productividad: La productividad es una comprobación de cuan eficiente y eficaz se realizan las acciones y capitales para crear un valor económico. Una excelsa productividad implica, que se consigue producir considerable valor económico con el exiguo esfuerzo laboral o de dinero. Un incremento de esta variable relaciona que se puede tener una mayor producción con lo disponible (Galindo y Ríos, 2015).

3.3. Operacionalización de las variables

Tabla N° 1. Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índice	Unidad de medida	Escala	Instrumentos	Herramienta	Ítems
Lean Construction	El término Lean construction o gestión ajustada de la construcción (LC) se deriva de los principios ajustados que se aplican en la industria de la producción y hace referencia a los conceptos originales del Sistema de Producción Toyota (TPS). Uno de los elementos centrales de la gestión ajustada, en general, es el objetivo de maximizar el valor desde la perspectiva del cliente mediante la eliminación de los residuos. En el sector de la construcción, los despilfarros pueden consistir, por ejemplo, en retrabajo o tiempo de espera (Schimanski et al., 2020).	Consiste en aplicar una filosofía que permite realizar ajuste a los proceso del área de la construcción eliminando los tiempos perdidos y actividades que no generen valor.	- Plan cumplido	- Porcentaje del plan cumplido – PPC	%	Cuantitativa continua	Diagrama de Gantt Ficha de registro	Microsoft Excel	Indicado en el formato
			- Porcentaje semanal de producción	- Porcentaje semanal de producción	%	Cuantitativa continua		Microsoft Excel	
Productividad	La productividad es una comprobación de cuan eficiente y eficaz se realizan las acciones y recursos para crear un valor económico. Una excelsa productividad implica, que se consigue producir considerable valor económico con el exiguo esfuerzo laboral o de dinero. Un incremento de esta variable relaciona que se puede tener una mayor producción con lo disponible (Galindo y Ríos, 2015).	Consiste en el desempeño de los trabajadores y recursos como el tiempo y económicos en la realización de las diferentes actividades del proceso constructivo	Eficiencia	Nivel eficiencia	%	Cuantitativa continua	Fichas de registro	Microsoft Excel y SPSS	
			Eficacia	Nivel eficacia	%	Cuantitativa continua	Fichas de registro	Microsoft Excel y SPSS	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, motivado a que por medio del conocimiento teórico sobre LC y su aplicación en la obra de losa prefabricada en proyecto multifamiliar Lavanda se buscó mejorar la productividad en el proyecto y de esta manera generar un conocimiento práctico de la filosofía de la construcción esbelta. De acuerdo con CONCYTEC (2020) este tipo de estudio busca solucionar necesidades requeridas mediante las teorías científicas, procedimiento y herramientas tecnológicas

De igual forma se considera que este estudio tuvo un nivel explicativo, debido que los resultados buscaron dar una explicación sobre los problemas estudiados en la investigación. Para Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) mencionan que la investigación de nivel explicativo no solamente busca describir un suceso o la relación entre los eventos, esta se orienta a responder los motivos por qué estos sucesos ocurren.

En relación al diseño de la investigación, este fue pre experimental y cuantitativo. El primero de estos consistió en la medición de la productividad antes y después de la aplicación de la herramienta de LC en el proceso constructivo de la losa prefabricada. Mientras que el segundo diseño se basó de mediciones numéricas de los tiempo de trabajo productivo real, tiempo total, así como los costos relacionados al proceso de construcción.

Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) un diseño pre experimental consiste la aplicación de una prueba anterior al estímulo, posteriormente se ejecutará el estímulo mencionado y finalmente se le aplicará una prueba posterior.

En relación al enfoque cuantitativo, Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) hacen mención que esta orientación de investigación se fundamenta en la recolección de los datos relacionados con la variable estudiada, para así responder las interrogantes planteadas como problemas y probar las afirmaciones establecidas como hipótesis,

para lo cual se realizan cálculos estadísticos de frecuencia e inferenciales que permitan conocer los modelos de comportamiento en una población.

4.2. Población de estudio

En este sentido, la población del presente estudio estuvo conformada por todas las actividades constructiva de la obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

Según Arias Gonzáles (2020) menciona que la población o el universo puede ser finito o infinito. En un universo finito el número de objetos es cierto, pero en el caso de un universo infinito el número de objetos es infinito, es decir, no podemos tener ninguna idea sobre el número total de objetos.

4.3. Diseño muestral

La muestra estuvo constituida por toda la población antes mencionada, ante lo cual se considera un muestreo de tipo censal.

Según Arias Gonzáles (2020) cuando la población no es grande y es de acceso fácil para el investigador, se estudia completamente todos sus componentes. Por lo que no se toma una muestra.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos que se utilizaron para este estudio están conformadas por la observación directa y el análisis documental de los documentos técnicos y cronogramas de la obra.

Según Arispe et al. (2020), la observación directa se trata de la visualización a detalle de un evento o situación que permita alcanzar los objetivos planteados en el estudio.

En relación con los instrumentos de recolección de datos que se emplearon para la presente investigación, se puede mencionar la ficha de registro de los plazos de trabajo (ver anexo 1), así como la ficha de registro de costos directos (ver anexo 2).

Según Arias Gonzáles (2020, p. 55): “Esta ficha sirve para observar e identificar los aspectos del objeto evaluado, sus características, funcionamiento, comportamiento, entre otros; se puede utilizar en estudios experimentales y no experimentales, estudios de ingeniería en el cual se deseen evaluar herramientas o equipos...”

4.5. Procedimientos para la recolección de datos

El procedimiento para la recolección de datos se describe a continuación por cada objetivo realizado:

1. Evaluar cómo el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

Para lograr este objetivo se realizó la recolección de datos y se calculó la eficiencia de la obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda, seguidamente se aplicó el Last Planner System, el cual permitió establecer la planificación maestra, look ahead de 2 semanas, análisis de restricciones, plan semanal y plan diario para tener un mejor detalle de las tareas a realizar, de donde se obtuvo los datos como porcentaje del plan cumplido (PPC) y causas de no cumplimiento (CNC). Posteriormente, se midió la eficiencia de la obra de losa prefabricada en el proyecto por medio del tiempo productivo real y el tiempo total, para así conocer como el PPC optimiza la eficiencia.

2. Demostrar cómo el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

Para alcanzar este objetivo se efectuó la recolección de datos y se calculó la eficacia de la obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda, empleado los costos de construcción, seguidamente se aplicó el Last Planner System, el cual permitió establecer la planificación maestra, look ahead de 2 semanas, análisis de restricciones, plan semanal y plan diario para tener un mejor detalle de las tareas a realizar, obteniéndose el Porcentaje semanal de producción. Posteriormente, se midió la eficacia de la obra de losa prefabricada en el proyecto

por medio del costo de producción real y estimado, para así conocer como el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia.

4.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Ahora bien, el análisis de datos se realizó empleando del software SPSS V25 para el tratamiento estadístico descriptivo e inferencial de los datos. Para los datos de los costos directos y el tiempo de trabajo constructivo por metro cuadrado, se utilizó el método analítico, aplicando análisis de las estadísticas descriptiva.

Por otro lado, para conocer cómo la implementación de Lean Construction optimiza la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda se aplicó el análisis inferencial, donde en primer lugar se efectuó la prueba de Shapiro-Wilk (prueba para menor de 50 datos) para observar la existencia o no de una distribución normal de los datos. Posteriormente, se realizó la contrastación de hipótesis, aplicando la prueba paramétrica o la no paramétrica, según corresponda. En ambos casos, se usó el criterio del rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a Díaz Rodríguez (2019) quien menciona que el nivel de significancia para el rechazo de las hipótesis nula es menor a 0,050.

Una vez aplicadas las técnicas de recolección de datos en la presente investigación, los resultados se desarrollaron mediante las herramientas estadísticas, por medio de un sistema de tabulación. En este sistema, los datos se agruparon por los indicadores relacionados a las variables estudiadas. En cuanto a la representación gráfica, se aplicó por medio de gráficos de barra, los cuales permiten el procesamiento de estos para un mejor análisis e interpretación de estos.

CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Descripción del proyecto

La presente propuesta plantea un Proyecto de Edificio Multifamiliar de 20 pisos de altura (01 nivel de comercio y viviendas y 19 niveles de vivienda). Cuenta con 03 niveles de sótanos que albergan 78 estacionamientos de autos y 39 estacionamientos para bicicletas

El Edificio multifamiliar se ha diseñado dentro de los requerimientos normativos vigentes, obteniendo como resultado un edificio con alta calidad arquitectónica, funcionalidad y optimización. Posee una distribución y dimensionamiento de ambientes que brindan seguridad, confort y armonía para los usuarios.

Ubicación y entorno

El terreno está localizado en la Av. Arequipa N° 2661 en el distrito de Lince, sobre una zonificación CM (Comercio Metropolitano) y un área de terreno de 987.00 m² (según registros públicos). Cuenta con los siguientes linderos:

- Por el frente: con la Av. Arequipa con 30.50 ml.
- Por la derecha: con propiedad de terceros con 34.00 l.
- Por la izquierda: con propiedad de terceros con 30.00 ml.
- Por el fondo: con propiedad de terceros, en línea quebrada de tres tramos de: 18.00 ml., 4.00 ml. y 12.50 ml.



Figura N° 8. Ubicación geográfica del proyecto

5.1.1. Altura de Edificación

De acuerdo al certificado de Parámetros el Proyecto puede tener una altura de $1.5(a+r)$ ml hacia la Av. Arequipa, con lo cual se tendría lo siguiente:

- Por la Av. Arequipa

$$H1 = 1.5 (\text{ancho de vía} + \text{suma de los retiros normativos}) = 1.5 (30 \times 10) = 60.00 \text{ ml}$$

Es importante mencionar que, la altura considerada ha sido de 1 piso de comercio + 19 pisos de vivienda, siendo en total 20 pisos en coordinación con lo requerido por la Inmobiliaria (ver Figura N° 9). Asimismo, en el Anexo N° 2 se pueden observar el diseño estructural del proyecto multifamiliar Lavanda-2022.

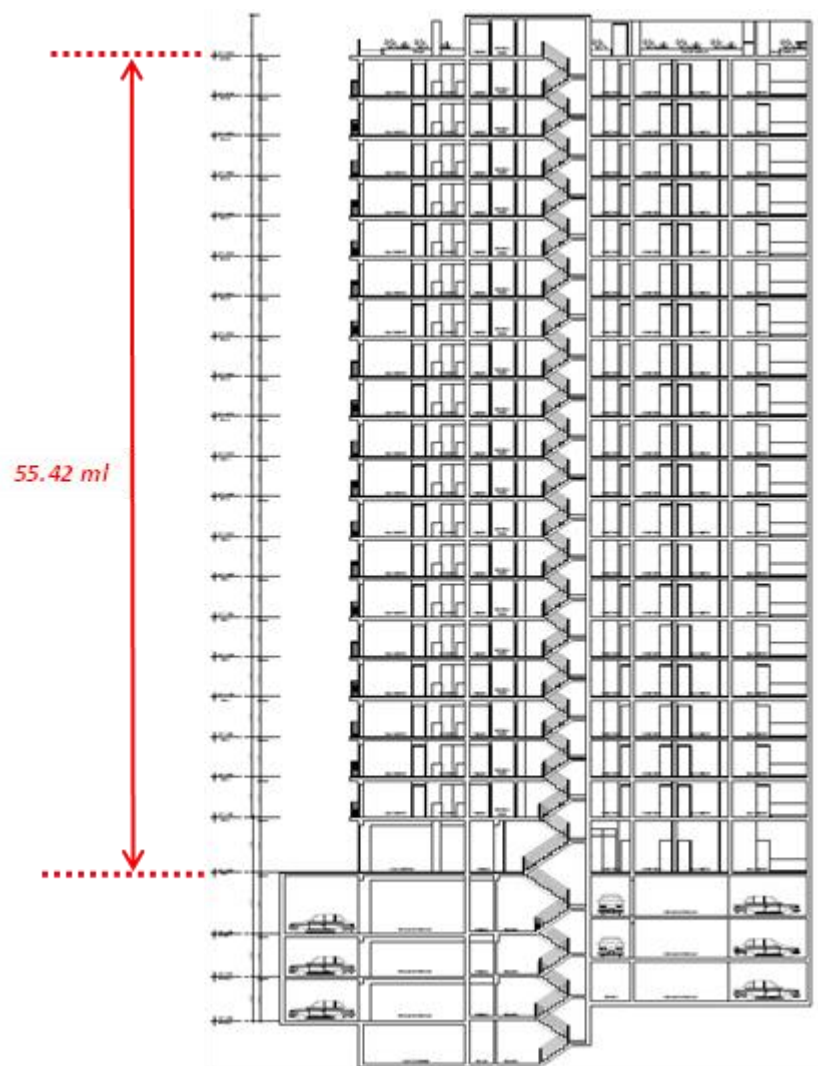


Figura N° 9. Altura del edificio

5.1.2. Áreas mínimas de vivienda

El Proyecto cumple con lo indicado en el Certificado de Parámetros, pues de los 155 departamentos proyectados, son 68 departamentos de tres (03) dormitorios lo cual representa el 43.9% del total de unidades inmobiliarias proyectadas, 77 poseen dos (02) dormitorios que representan el 49.7% del total y 10 departamentos de un (01) dormitorio que representa el 6.5% del total.

Tabla N° 2. Distribución de los departamentos del proyecto

Proyecto				Requerido	
N° dorm.	Hab/dpto	Cantidad	%	Rango de áreas	% unidades de vivienda en la edificación (máximo)
Tipo 1 (3 dormitorios)	5	68	43.9%	75 m ²	Alrededor de 45
Tipo 2 (2 dormitorios)	3	77	49.7%	57 - 60 m ²	Alrededor de 45
Tipo 3 (1 dormitorio)	2	10	6.5%	40 m ²	Alrededor de 10
Total		155	100%		

Como se puede observar en la Tabla N° 2, los departamentos de tipo 1 y de tipo 3 no alcanzan el máximo porcentaje de vivienda en la edificación, razón por la cual quedo área disponible para aumentar un poco más la cantidad de departamento tipo 2, por esta razón se observa un ligero aumento de la máxima aproximada de vivienda de este tipo por edificaciones.

5.2. Descripción de los Procesos Constructivos en Obra.

5.2.1. Encofrado y desencofrado

El responsable de Liberación verifica el cumplimiento de los requisitos de la actividad usando el formato de protocolo CAL-FOR-006 Verificación de colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto.

El responsable de Liberación procede a verificar los requisitos del cliente de acuerdo a las especificaciones técnicas, planos aprobados del proyecto y a las normas técnicas aplicables.

El Área de oficina técnica será responsable de revisar la memoria de cálculo del suministrador del encofrado y/o realizará su propio cálculo a fin de confirmar que los elementos sean los adecuados para el tipo de vaciado que se realizará.

Los requisitos a verificar a la memoria de cálculo serán:

- Revisión de los datos de entrada (dimensiones, altura, velocidad de vaciado, $f'c$, impacto por caída libre del concreto, consistencia del concreto fresco, influencia de la temperatura, entre otros).
- Revisión de los resultados (medidas de elementos, cantidad, distribución de los apuntalamientos, espaciamiento de arriostres, entre otros).
- Revisión de planos del proveedor (modulación por especialista.)
- Al detectarse algún error o resultados no apropiados en el diseño se deberá revisar el cálculo desarrollado por el proveedor y se pondrá sobre aviso a los responsables a fin de solucionar el cálculo de diseño en el uso de los encofrados.

Los parámetros a inspeccionar en los encofrados, previo al vaciado de concreto, y son los siguientes:

- Condición de uso

Se inspecciona que los encofrados se encuentren en vida útil para ser usados aún para moldear concreto fresco.

- Limpieza de superficie

Es preciso asegurar que en los encofrados se haya removido todo material extraño como por ejemplo: ganchos, alambres atortolados, bloques, aserrín, mortero seco, hielo, entre otros.

- Amarres, arriostres, verticalidad y alineación

Se verifica como mínimo la ubicación correcta de amarres, arriostres, apuntalamientos, verticalidad y alineamiento de aristas y superficies, pies derechos, riostras, cuñas, estacas, soleras, montantes, espaciadores, templadores o tórtolas, largueros, pernos, arandelas, base donde se colocan los apuntalamientos y pies derechos, entre otros.

- **Contra flecha**

Cuando sea aplicable se inspeccionará la contra flecha (ésta debe ser diseñada y dependerá de la estructura a vaciar) para controlar el asentamiento o la combadura.

El Diseño de contra flecha debe ser solicitado al Ing. Estructural.

- **Juntas**

Se inspecciona que las juntas sean especialmente seguras, parejas y herméticas para evitar desalineamientos y filtraciones de lechada de mortero en las juntas horizontales o verticales.

Las Juntas de construcción en entrepisos deberán estar ubicadas en el tercio central de la luz de losas y Vigas. Las juntas en vigas principales, en caso existan vigas transversales dentro de un mismo paño, deberán estar a una distancia mínima de dos veces el ancho de las vigas transversales indicadas. (RNE, Capítulo 3, Art. 6, Ítem 6.4, pág. 331)

- **Cuerdas de alineación o de plomada**

Se inspecciona que se instale dispositivos “testigos” como cuerdas de alineación y de plomada puestas en sitio durante las operaciones de colocación de concreto, particularmente en aquellos donde pueda esperarse asentamiento o deflexión.

- **Sellador**

Se inspecciona el uso de un sellador que forme una película impermeable y dura aplicable a todas las superficies de contacto y a los bordes, con la finalidad de conservar la madera después de desencofrar y darle varios usos.

- **Ochavos o biseles**

Dependiendo del diseño, se inspecciona la correcta colocación de estos elementos hechos de madera que sirven para dar un mejor acabado en los bordes del concreto endurecido y evitar los desastillamientos de los mismos.

- **Trazo**

Se inspecciona esta actividad que corresponde a la correcta ubicación y a las medidas geométricas reales según los planos aprobados.

- **Recubrimiento**

Se inspecciona que el espaciamiento entre el extremo de la armadura y la superficie de contacto de los encofrados, coincidan con las especificaciones técnicas y planos.

- **Elementos de encofrados**

En la medida de lo posible se inspecciona la correcta ubicación de los elementos que conforman un encofrado de madera o metálico, como: templadores, pernos, espaciadores o separadores, riostras, montantes, paneles, tornapuntas, cuñas, pies derechos.

- Humedad de la superficie de contacto

Antes de colocar el concreto se humedecen las superficies de los encofrados para hacer posible la adherencia del concreto con el encofrado y evitar presencia de aire.

- Desmoldante

Los encofrados se revestirán con un desmoldante o con otros materiales que hayan resultado satisfactorios en usos previos.

- Box-outs o cajuelas

Las cajuelas se fabrican para permitir la instalación futura de un inserto o perno en la estructura de concreto endurecido. Se fabrican generalmente de madera y se deberá verificar el diseño y sus dimensiones.

- Tolerancias:

En las fórmulas que siguen:

i = Es la tolerancia en cm

dB = Es la dimensión considerada para establecer su tolerancia en cm

Tabla N° 3. Ecuaciones para determinar las tolerancias

Tolerancias	
Para las dimensiones de la sección transversal de vigas, columnas, zapatas y espesor de losas, muros y zapatas estarán dadas por:	$i = \pm 0.25 (dB)^{1/3}$
Para la posición de los ejes de columnas, muros y tabiques respecto a los ejes indicados en los planos de construcción será: <ul style="list-style-type: none"> • En un paño o 6 m o menos: • En un paño de 12 m o más: • Entre 6 m y 12 m, se interpolarán los valores de (i). 	$i = \pm 1.3 \text{ cm}$ $i = \pm 2.5 \text{ cm}$
La tolerancia admisible en el nivel de las losas entre dos pisos consecutivos no será en ningún punto de mayor de: Respecto al nivel indicado en los planos de construcción.	$i = \pm 0.25 (dB)^{1/3}$

La tolerancia admisible en la luz de una viga será de:	$i = \pm 0.25 (dB)^{1/3}$
--	---------------------------

Para Encofrados Especiales se seguirán las propias consideraciones indicados por los fabricantes tales como el de Sistema Industrializado entre otros.

Cuando las EETT's del proyecto no indique los tiempos para el retiro de encofrado y llaves (Ver aclaración) para elementos estructurales, se enviará la consulta al proyectista estructural para la aceptación de los siguientes tiempos de desencofrado:

- Placas y columnas: 12 h.
- Vigas peraltadas e invertidas: Costados de viga 24 h.

Fondos de vigas 14 días (llaves a 21 días)

- Losa aligerada: a 7 días se retira el 50% de encofrado (El encofrado a retirar será solo los que se encuentren fuera del tercio central). A 14 días se retira el encofrado en su totalidad (incluyendo los ubicados en el tercio central).
- Losa Maciza: a 7 días se retira el encofrado de fondo de losa, se mantiene el total de las llaves a 14 días se retira la totalidad de llaves.

Aclaración “Encofrado y Llaves”: El encofrado (paneles metálicos y/o madera y su conjunto de equipos) tienen como principal función soportar la presión, fuerza, impacto y peso propio producto de la colocación del concreto (Vibrado y bombeado). Posterior al vaciado de concreto el encofrado cumple la función de darle forma y soportar el peso propio del concreto.

Las llaves de encofrado son ubicados y colocados con la finalidad de evitar la deformación (pandeo, deflexiones y entre otros) por peso propio, esfuerzos por tracción y sobrecargas producto de la construcción de la edificación. Estas llaves serán colocadas, ubicadas según la modulación del proveedor de encofrado y antes del vaciado de concreto. Se consideran inamovibles durante todo el tiempo indicado anteriormente y/o lo indicado por los especialistas.

5.2.2. Fabricación de Prelosas

A. Recepción de planos y pase a producción

- Los planos que han sido enviados por el cliente para modulación, ingresan al área de Oficina Técnica.
- La persona responsable de esta área realiza la modulación de acuerdo a las especificaciones y requerimientos de obra (dirección de viguetas, distribución de acero, entre otros).
- Una vez terminada la modulación se envían los planos al cliente para aceptación, con el detalle de número de prelosas por área, dirección, acero a utilizar (diámetro, cantidad, entre otros). Este periodo de revisión de planos por parte del cliente no debe durar más de 7 días. En caso contrario se deberá contemplar el tiempo de revisión por parte de la oficina técnica.
- Recibida la conformidad del cliente con la modulación de planos, estos se envían por correo electrónico al área de despacho, producción y calidad para dar conocimiento del inicio de producción de las prelosas.

B. Producción de prelosas

- El área de producción de prelosas imprime 4 juegos de planos aprobados para entregarlos como se describe a continuación: 1 juego a marcadores (1 marcador por línea), 1 juego a los fierros, 1 juego al área de calidad y 1 juego al área de programación de despacho en base a la programación que se ha definido para la semana.
- Luego del desencofrado de la producción del día anterior, las mesas de trabajo son preparadas para la nueva producción del día, limpieza y aplicación de desmoldante para la nueva producción.
- El supervisor de producción dispone al personal para que habilite y prepare el acero estructural, vigas tralicho y el acero de refuerzo para los casos que sean necesarios. Seguidamente el marcador inicia la segmentación de las prelosas en las mesas de fabricación respetando las formas y medidas de las prelosas, en el caso de haber montantes de agua, electricidad, cajas octogonales y/o tragaluces

estos también van a estar debidamente marcados en las mesas de trabajo para que se facilite la habilitación, colocación y fijación del acero de refuerzo.

- Una vez terminado el trabajo de marcado de las prelosas en las mesas, se colocan los encofrados finales (inicio, fin y ancho de prelosa siempre y cuando no sea de ancho típico) dejando las mechas de inicio y fin (10 cm promedio aproximado a menos que obra indique lo contrario) para que al momento de colocar en obra, se pueda realizar un correcto doblado.
- Las prelosas van dimensionadas con 1.5 cm de más por lado para que estas se puedan apoyar sobre el borde del encofrado de la viga y facilite el trabajo de instalación como se puede apreciar en el procedimiento.
- El amarre del acero de refuerzo va seguido de la colocación de los separadores contra la mesa de trabajo para asegurar el correcto recubrimiento del acero (2 cm como mínimo).
- Una vez liberados estos puntos se procede al vaciado de concreto premezclado, éste se realiza con el puente grúa con balde de 1 m³. El balde se desplaza a lo largo de las mesas de trabajo dejando el concreto en dirección a las viguetas de acero para luego ir acomodándolo con palas para poder lograr el alto de 5 cm en promedio para losas macizas a lo largo de las prelosas.
- Una vez acomodado el concreto, este es homogeneizado con un vibrador eléctrico manual tipo aguja para que se realice la correcta conformación en toda la prelosa, evitando así obtener cangrejeras y que la cara vista quede de manera óptima.
- Luego de haber homogeneizado el concreto en toda la prelosa se le da un barrido (acabado final rugoso) para las losas macizas. El acabado rugoso se da para que en obra, cuando se realice el vaciado de concreto de losa este se pueda adherir sin ningún problema y funcione mejor la conexión con las vigas tralicho.
- En caso de losa maciza se debe de respetar el alineamiento de las viguetas en sí.

- Una vez terminado este proceso, se cubre la producción del día con plástico, esto con el fin de mantener la humedad del concreto recién vaciado.
- Luego del vaciado, las prelosas se desmoldan (retiro de las mesas de trabajo) con la ayuda de la grúa pórtico de izaje, para pasar a su etapa de almacenamiento y curado.
- Las prelosas se van almacenando de tal manera que cumplan el orden de despacho a obra, esto se realiza previa coordinación con el área de despacho. En el lugar de almacenamiento, cumplen sus días de curado.

C. Curado y acabado final de prelosas

- Por ser elementos de concreto y de acuerdo a la programación de entrega en obra, aprovechamos el tiempo de almacenamiento para realizar un curado por tiempo más prolongado. Según normativa de prelosas para poder manipularlas deben de haber cumplido como mínimo con 15 MPa de resistencia del concreto que se ha utilizado, aprovechando el tiempo de almacenamiento para curar las prelosas con agua y minimizar las fisuras.
- Durante el tiempo de almacenamiento es donde se levanta alguna observación que puede haber salido en la prelosa, se le da el acabado final a las prelosas realizando la limpieza de rebabas, desbaste de acabados sinuosos y colocación de la codificación final que brinda el orden adecuado, para la colocación y que se cumpla con las direcciones de colocación que se han indicado en los planos.

D. Parámetros de aceptación de prelosas

Los parámetros de aceptación de las prelosas están definidas por las siguientes características:

1. Estructurales.
2. Dimensionales.
3. Cuantía de acero.
4. Resultados de baja resistencia de concreto.
5. Acabado cara vista.

1. Estructurales:

Las prelosas cumplen los requerimientos estructurales realizadas por Entrepisos Lima e indicados en los planos enviados al cliente y que han sido diseñadas, por lo que solamente podrán ser rechazadas las prelosas, por temas estructurales, si se evidencia alguna falta u omisión en la configuración del acero que va embebido en la prelosa.

2. Dimensionales:

Las prelosas por ser parte de un sistema convencional de losas macizas pueden sufrir variaciones dimensionales, es decir, de darse el caso que las prelosas necesiten ser alargadas o acortadas se puede realizar este proceso sin ningún problema comunicando a Entrepisos Lima y/o los encargados en obra, indicando la trazabilidad que siempre se solicita:

- Código de prelosa
- Dimensión real
- Dimensión del plano
- Foto referencial

De acuerdo a la trazabilidad que se realice, se podrá determinar cuál ha sido el problema con la prelosa para poder realizar las medidas correctivas.

Por lo que una variación dimensional no es motivo de rechazo, ya que se puede solucionar cualquier observación que se requiera, ya sea por parte del cliente o el proveedor, previa coordinación y acuerdo mutuo.

3. Cuantía de acero:

La variación de la cuantía del acero embebido en la prelosa será causal de rechazo siempre y cuando no se llegue a un acuerdo para la solución estructural, el sistema de prelosas tiene solución a estas observaciones con reforzamiento del elemento.

4. Resultados de baja resistencia de concreto:

Los certificados de resultados de ensayos a compresión del concreto que brinda el proveedor UNICON / CONCREMAX, se entregan con los protocolos de fabricación. En caso de que algún resultado salga por debajo de lo esperado y especificado en las EETT y normativas vigentes, será causal de rechazo del elemento.

5. Acabado cara vista:

Las prelosas solo podrán ser rechazadas por acabado cuando presenten fisuras mayores a 5 mm o alguna rotura irreparable únicamente en la parte cara vista del elemento.

La parte superior de la prelosa va a recibir concreto vaciado en obra por lo que algún tipo de defecto como los anteriores mencionados serán tratados y subsanados en obra con la comunicación del caso según los detalles indicados en el punto 2, antes mencionado, no siendo causal de rechazo.

5.2.2.5. Carguío y despacho de prelosas

- El área de despacho y entrega de Entrepisos Lima, una vez realizada la coordinación con el cliente en cuanto a la sectorización de producción que es la misma que de despacho, se procede a

programar la carga, una vez coordinado con el personal de colocación en obra.

- De acuerdo a la programación de avance del cliente con el área de despacho y entrega de Entrepisos Lima, se cargan los semi trailers cumpliendo el mismo orden mencionado en el punto anterior, para lo cual se genera una Guía de Remisión de traslado.
- La hora de carga, llegada y descarga de las prelosas en obra se ha coordinado previamente con el cliente y el personal de colocación en obra.

5.2.3. Almacenamiento de prelosas en obra

A. 5.2.3.1. Izaje de prelosas de camión hacia zona de almacenamiento

Ubicar la zona de enganche en los tralichos de la prelosa según el esquema siguiente:

Para prelosas con longitudes de hasta 6 m utilizar estribos de 4 puntos de enganche los cuales se dividen de la siguiente manera:

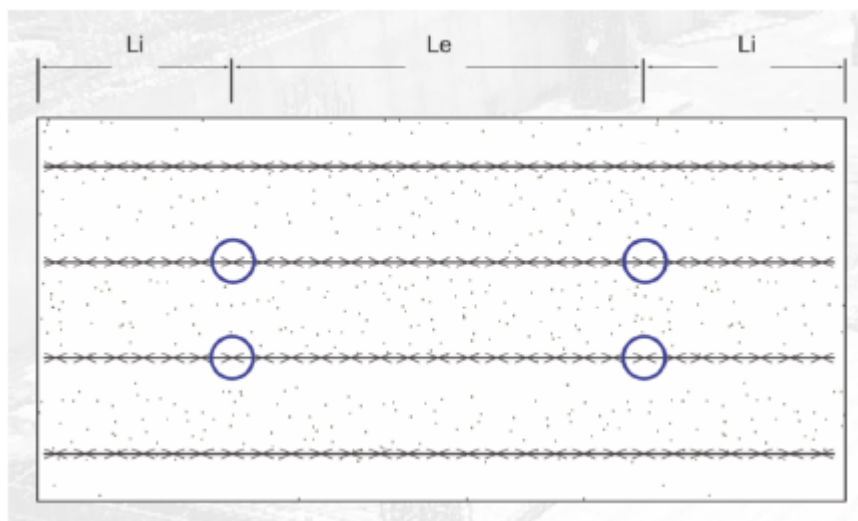


Figura N° 10. Prelosas de hasta 6 m de largo, donde $Li=Lt/4$

Esto aplica solo a las prelosas simétricas. Para prelosas con geometrías que incluyan perforaciones o irregularidades, se debe contactar a Entrepisos Lima.

Para izar las prelosas se deben de levantar 0.50 m del camión para verificar la horizontalidad de la misma, una vez que han sido izadas y revisadas en la seguridad del enganche, se procede a colocar la primera sobre los listones de madera previamente nivelados y siguiendo la medida de separación entre ellas como se muestra en la Figura N° 11.

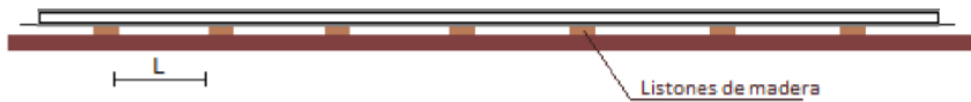


Figura N° 11. Ubicación de las prelosas en el camión de carga

Donde las medidas van de la siguiente manera:

- Prelosa aligerada: $L = 1 \text{ m}$
- Prelosa maciza: $L = 2 \text{ m}$

El apilamiento de las prelosa maciza y ligera se sigue lo mostrado en la figura N° 12.

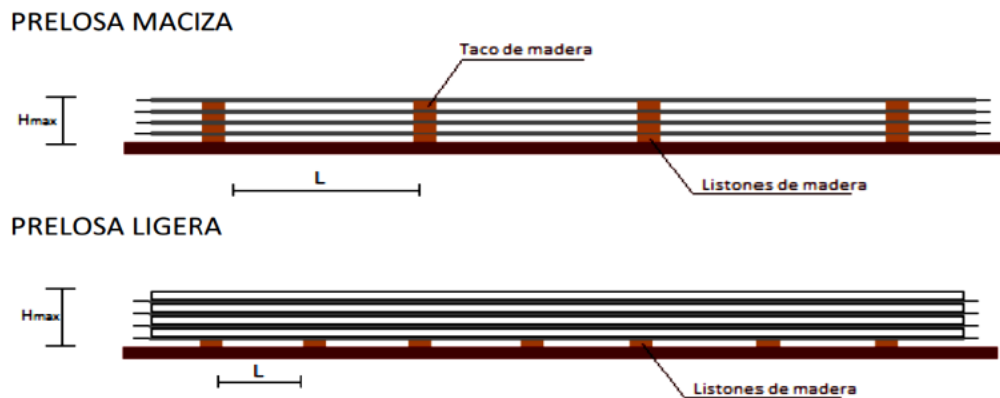


Figura N° 12. Apilamiento de las prelosas

Donde la cantidad máxima de apilamiento es de 4 unidades para ambos tipos de prelosas.

La colocación de tacos para el apilamiento de losas macizas se realiza de acuerdo a la Figura N° 13.

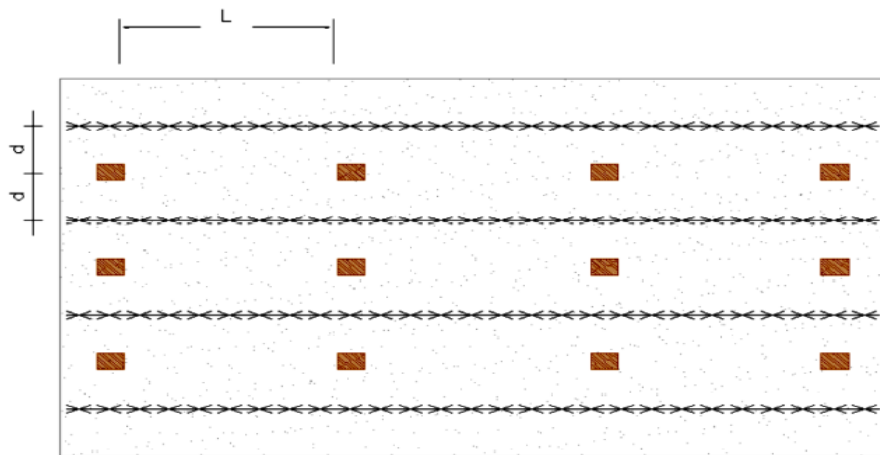


Figura N° 13. Colocación de tacos para el apilamiento de losas macizas.

El uso de tacos de madera es solamente para prelosas macizas donde $L = 2$ m como máximo y “d” es la mitad de distancia entre los tralichos.

5.2.4. Apuntalamiento e instalación de prelosas

B. 5.2.4.1. Apuntalamiento previo a la colocación de las prelosas

- Verificar que las vigas soleras estén en buen estado, paralelas, niveladas, distanciadas según lo recomendado en este procedimiento (L_s máxima: 1.80 m) y apuntalado de manera segura y adecuada.

Es importante que las soleras tengan contacto continuo con la prelosa, porque cualquier desnivel puede ser causante de alguna imperfección en las losas terminadas y acabado caravista, esto podría desencadenar hasta en algún tipo de fisuración que sea representativa para el elemento. Las soleras metálicas o de madera deben estar en buen estado y de sección continua, sin restos de concreto, clavos, alambres gruesos, entre otros.

Se recomienda apuntalar la primera solera en los extremos próximos a la viga. Las soleras deben de cubrir el ancho de la prelosa a fin de evitar la generación de mayores esfuerzos y deformaciones.

Los puntales se apoyarán sobre una superficie rígida y se colocarán arriostres o cuñas que garanticen que éstos no se muevan durante los trabajos. Se deben apretar y ajustar bien los puntales para evitar

asentamientos que afecten el buen estado de la prelosa y por tanto de la losa.

- El sistema de vigas y puntales debe ser capaz de soportar las cargas que producen las prelosas, el concreto que se va a vaciar, personal que va a realizar los trabajos y equipos involucrados.
- El sistema de apuntalamiento debe estar colocado en la zona donde se instalarán las prelosas de preferencia un día antes de la colocación de las prelosas para evitar trabajos de almacenamiento en obra.
- Por ser elementos de concreto de poco espesor (5 cm de altura y luces variables y grandes) pueden originarse fisuras, despostillamientos y/o roturas no deseadas por una manipulación incorrecta o diferente a la que se indica en el proceso de inducción y capacitación del personal en obra.
- El sistema de apuntalamiento debe mantenerse separado a una distancia máxima de 1.80 m de la otra como se puede observar en la Figura N° 14 y la Figura N° 15.

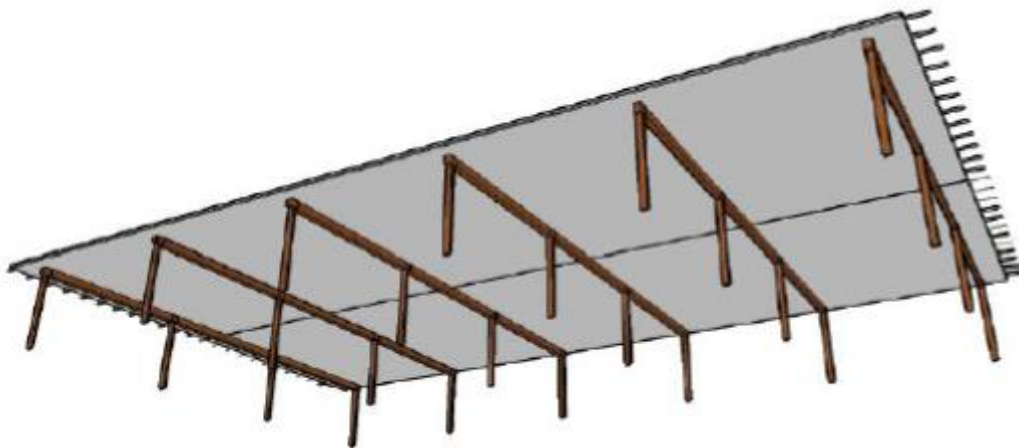


Figura N° 14. Vista inferior del apuntalamiento de las prelosas.

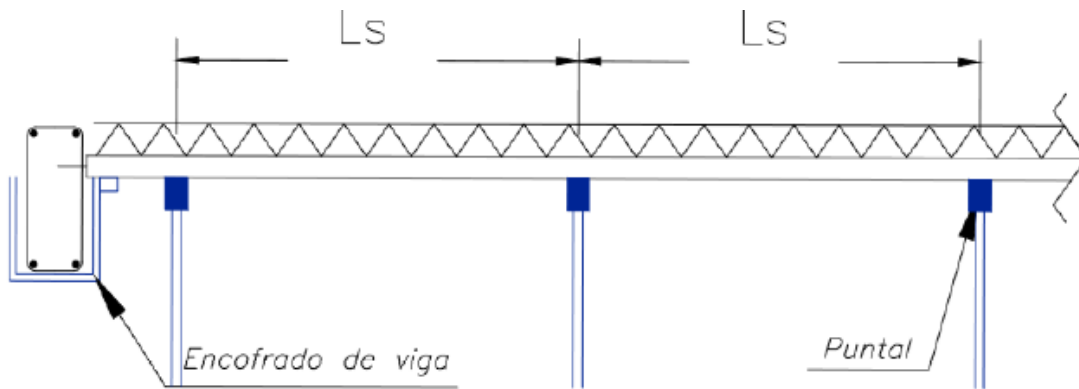


Figura N° 15. Vista de perfil del apuntalamiento de las prelasas. L_s : 1.5 a 1.8 m

- El sistema de apuntalamiento se podría retirar una vez que el concreto vaciado en obra sobre las prelasas haya alcanzado su madurez inicial o el equivalente al 75% de su resistencia, para esto debe ponerse en contacto con el proveedor de concreto.
- Seguir las indicaciones del especialista en encofrado con respecto al número de niveles de reapuntalamiento. Se recomienda en construcciones de varios pisos, dejar 2 juegos de reapuntalamiento para que resistan la losa siguiente (La tercera losa: carga de concreto fresco aplicada y carga viva de construcción soportada). Se recomienda que el primer juego de reapuntalamiento este al 100%, mientras el segundo al 50%.

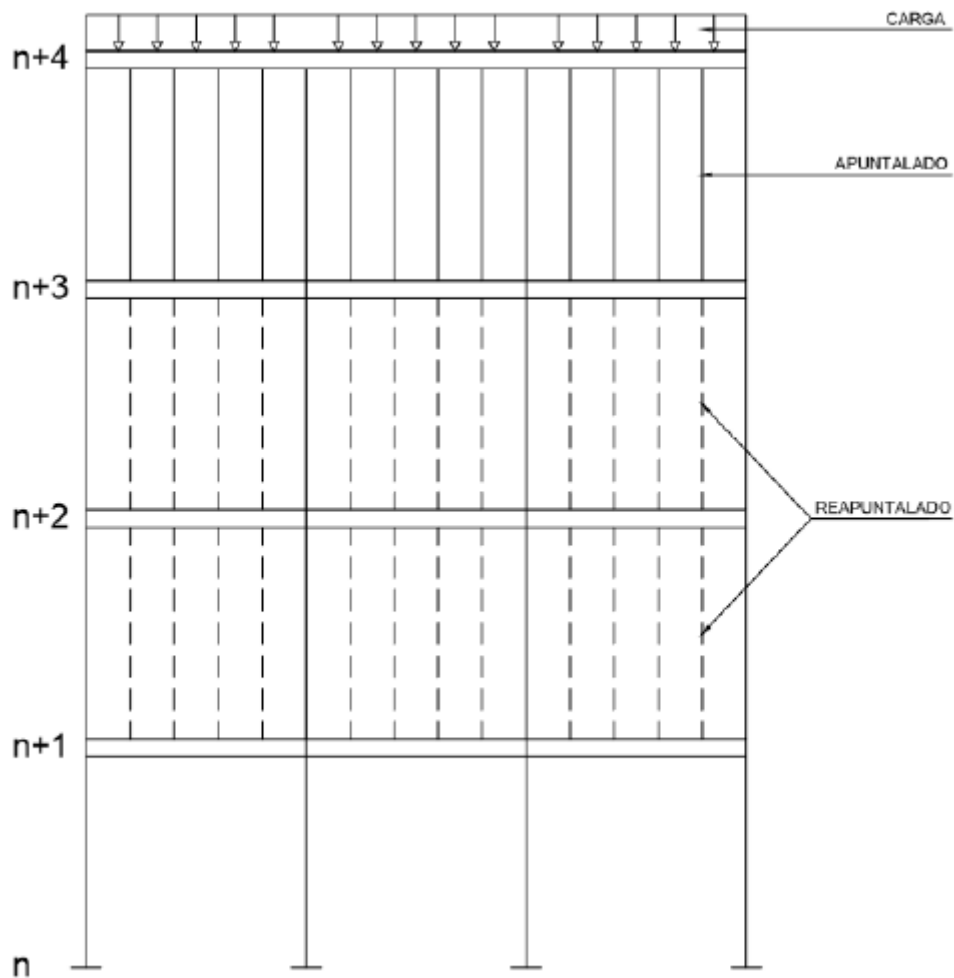


Figura N° 16. Apuntalamiento construcción de varios pisos, según ACI 347.2R-05, Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings

- Se recomienda alinear los puntales de reapuntamiento con los puntales de apuntalamiento.
- Las contraflechas se verifican en las soleras intermedias.
- Los puntales de los techos inclinados y rampas, así como alturas mayores a 2.80 m, deberán arriostrarse horizontalmente para absorber esfuerzos horizontales.
- En caso se coloque carga adicional sobre el techo (parihuelas con bovedillas, encofrado o paquetes de acero) se buscará una zona adecuada donde cargar la losa (zona maciza o con puntales a 1.00 m).

- Cuando las prelasas se apoyen en placas de concreto, se recomienda colocar soleras pegadas a las placas para evitar que la losa quede con una superficie irregular provocada por el vaciado irregular de la placa y como apoyo.

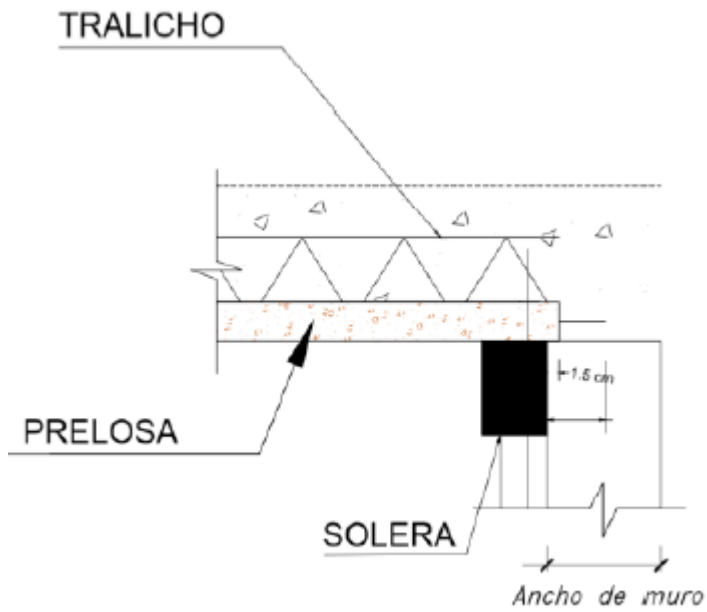


Figura N° 17. Prelasa encuentro con placa

- Seguir el orden siguiente para desencofrado (ver Figura N° 18).

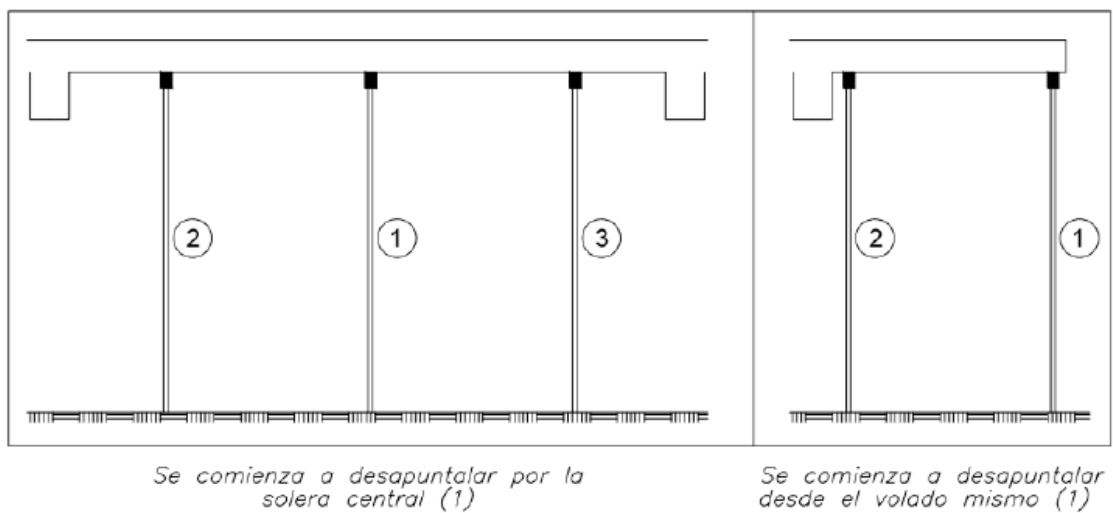


Figura N° 18. Orden de desapuntalamiento

C. 5.2.4.2. Instalación de prelosas

- Verificar el cumplimiento de los puntos mencionados en el párrafo 5.2.4.1.
- Para la colocación de las prelosas se debe considerar las siguientes condiciones:
 - a. Para prelosas con mechas salientes: el promedio de tiempo de colocación de las prelosas del camión al encofrado de techo es de 8 min por pieza de prelosa, por lo que los trabajos a considerar son:

Revisión del elemento de izaje: antes de realizar el uso del elemento de izaje, como todo accesorio que va a sostener una carga suspendida debe de pasar una revisión de puntos de soldadura del elemento, revisar que los torones del cable se encuentren derechos y sin ningún dobléz o corte en los mismos, que los ganchos se encuentren sin ninguna falla o fisura, que los seguros de los ganchos se encuentren en buen estado.

Dobléz de mechas salientes: a uno de los lados de las prelosas debe realizarse el doblado de las mechas para poder tener la facilidad de colocación de las prelosas. Una vez dobladas las mechas, el lado que queda recto ingresa a la viga peraltada en donde se apoyará, para luego enderezar las mechas dobladas y ambos lados deben estar correctamente apoyados.

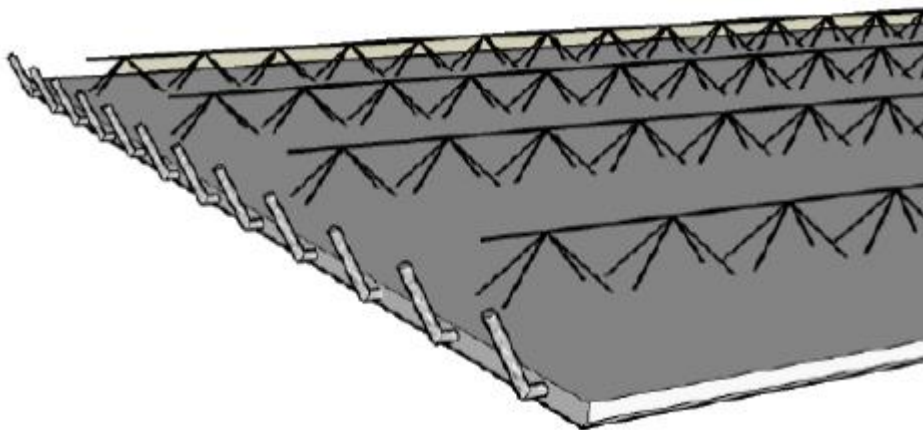


Figura N° 19. Dobléz de las mechas de uno de los extremos de la prelosa.

Identificación de prelosa: la prelosa antes de colocarle los ganchos de izaje debe ser identificada con los planos que se envían en la unidad, es decir se debe tener claro el orden de instalación y a qué posición es a la que va a llegar la prelosa en ambos sitios de trabajo (encima del camión y en el techo donde se colocarán las prelosas). Todas las prelosas van con su código en la parte superior izquierda de la misma, para que la ubicación y orientación sea una sola.

Identificación y selección de puntos de enganche: encima del camión se debe identificar los puntos de enganche de las prelosas dependiendo del área que tenga la prelosa y de acuerdo a la capacitación que se recibe en obra por parte de personal de Entrepisos Lima.

- Trayectoria de la prelosa: izar la prelosa de forma horizontal y lenta hasta una primera posición de 0.5 m de altura aun estando en el semi tráiler para verificar adecuado enganche, lengüetas de seguridad y horizontalidad de la prelosa para la maniobra.

Antes del movimiento de la prelosa a su posición final se debe de verificar que no haya interferencia en el trayecto de la prelosa, al ser este un trabajo de maniobra con carga suspendida no puede haber tránsito de personal por debajo de la prelosa. Una vez esto verificado se transporta la prelosa hasta su posición final o zona de colocación y procediendo a descenderla lentamente verificando que en la zona de colocación se encuentre solo el personal de montaje.

- Antes de la colocación de las prelosas se debe de orientar la prelosa correctamente usando el código como referencia respetando el mismo que se presenta en el plano.

- La prelosa debe de inclinarse aproximadamente 15° acercando primero el lado de la prelosa que tiene las mechas rectas (sin doblar) introduciéndola en la viga ya armada como se observa a continuación.

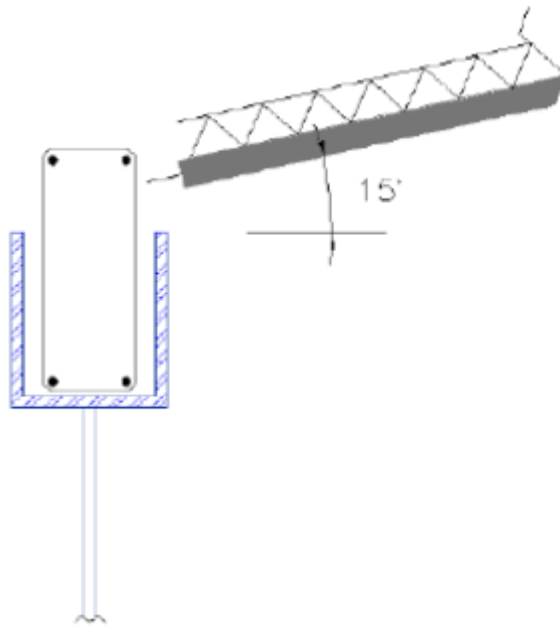


Figura N° 20. Prelosa inclinada 15° del lado de las mechas rectas

- Ubicar la prelosa empotrando 1.5 cm del concreto de la prelosa en la sección de la viga ya sea en la parte frontal o lateral de las mismas según la Figura 21.

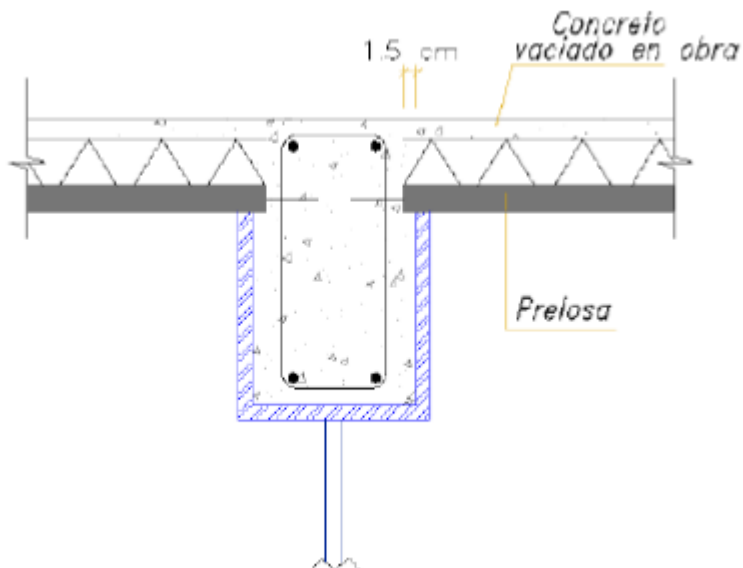


Figura N° 21. Montaje de 1.5 cm de prelosa sobre la cara de la viga.

- La colocación de las prelosas debe seguir el alineamiento de esta evitando vacíos, verificando la nivelación de estas tomando como base la que está sobre la viga.

Una vez se haya terminado de colocar las prelosas se deben de regresar a su posición

original las mechas que han sido dobladas con la ayuda de la barreta.

- Para prelosas sin mechas salientes: el tiempo de colocación es el mismo y se deben repetir todos los pasos anteriormente descritos menos el del doblar y enderezar de las mechas.

- Colocar el acero transversal de la losa según lo indicado en el plano a 5 mm por encima de la prelosa como se muestra en la Figura 22.

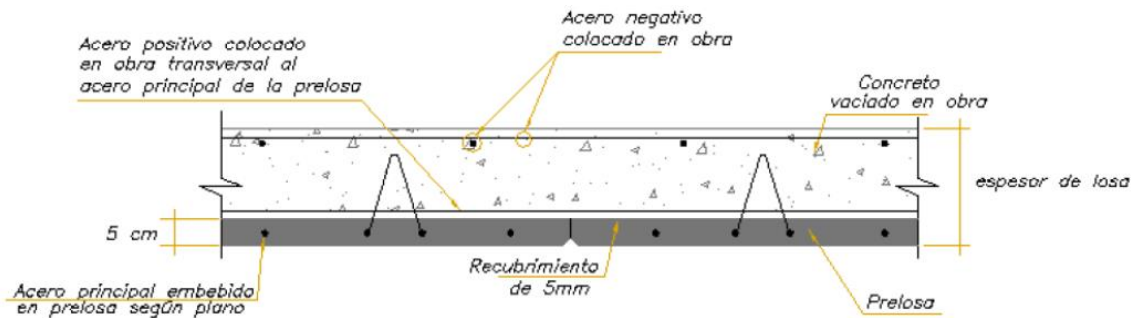


Figura N° 22. Colocación del acero transversal

- Una vez colocada se traza la ubicación de las cajas octogonales, pases y/o accesorios sobre la prelosa, de ser necesario se tiene que perforar con herramientas o equipos especializados.
- En las prelosas aligeradas se debe evitar el alto tránsito y la sobrecarga sobre los casetones de poliestireno. Es necesario transitar sobre tablas de madera para proceder a armar la losa.
- Como recomendaciones finales se destaca lo siguiente:
 1. No someter a las prelosas a golpes, esfuerzos o sobrecargas que pueden generar fisuras, despostillamientos y otras acciones que puedan dañar la integridad de las prelosas.
 2. Evitar el almacenamiento de las prelosas en obra, en caso de fuerza mayor o que no se pueda evitar esto se debe de consultar el procedimiento para almacenamiento de prelosas en obra.

3. De producirse o registrarse defectos en las prelosas se debe de realizar un análisis en conjunto con Entrepisos Lima para poder revisar y definir causa, gravedad y posibilidad de uso, documentando el defecto para poder facilitar la trazabilidad y el análisis causa raíz que este origine.

5.3. Implementación de Lean Construction

A continuación, se describe la aplicación de la herramienta Last Planner System (sistema del último planificado) perteneciente a la filosofía Lean Construction con el propósito de optimizar la productividad en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda, esta técnica se orienta en el proceso de planificación y control de las actividades en el proyecto.

Este método consiste en la aplicación de diversas técnicas de planeación, a saber: plan maestro, programación intermedia o Lookahead Planning, programación semanal, programación diaria, porcentaje de plan cumplido (PPC) y las causas de no cumplimiento (CI).

5.3.1. Plan Maestro

Se trata de la programación inicial de todo el proyecto y del tipo de programación que se utiliza para establecer los hitos a lo largo del proyecto. En este ámbito, por lo general, es poco factible que se puedan cumplir las fechas establecidas en el calendario y, por tanto, el plazo de entrega presentado al cliente. A falta de acuerdo, las empresas constructoras pueden optar por elaborar un primer calendario, conocido como calendario de ventas. Los plazos indicados en el calendario de ventas son los que el cliente y el contratista están obligados a cumplir en cualquier caso por el contrato (Ver Tabla N° 4).

Tabla N° 4. Calendario de ventas

	Obras provisionales	Movimiento de tierras	Muros anclados	Estructuras	Acabados húmedos	Acabados secos	Fachada	Proyecto
Inicio	02/08/21	11/08/21	02/08/21	11/10/21	07/02/22	04/04/22	19/10/22	02/08/21
Fin	20/08/21	11/09/21	11/10/21	26/04/22	22/06/22	18/10/22	02/11/22	04/11/22

A continuación, los contratistas preparan un calendario objetivo o plan de trabajo (Ver Tabla N° 5), cuyas fechas se corresponden más con el calendario original (propuesto por el cliente) y que puede diferir entre 4 y 6 semanas del calendario presentado por el constructor. Este calendario objetivo será utilizado finalmente por todos los miembros del equipo para supervisar el progreso de la obra y de los subcontratistas. Este calendario debe ser preparado por el residente en la obra y aprobado por el director del proyecto.

Tabla N° 5. Calendario objetivo o meta

	Obras provisionales	Movimiento de tierras	Muros anclados	Estructuras	Acabados húmedos	Acabados secos	Fachada	Proyecto
Inicio	02/08/21	11/08/21	02/08/21	30/09/21	20/01/22	25/03/22	23/09/22	02/08/21
Fin	15/08/21	03/09/21	30/09/21	30/03/22	27/05/22	22/09/22	05/10/22	07/10/22

A continuación en la Tabla N° 6 se presentan las actividades que conforman el plan maestro de la obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda. Mientras que el plan maestro se puede visualizar en el Anexo N° 3

Tabla N° 6. Actividades del plan maestro

Obras provisionales
Obras provisionales
Oficina - almacén - SSHH - vestuario
<u>Cerco</u>
Modificación del cerco de obra para excavación
Modificación del cerco de obra para torre
<u>Voladizo</u>
Montaje de voladizo - eje 1
Montaje de voladizo - av. Arequipa
<u>Oficina - almacén - SSHH - vestuario</u>
Traslado de caseta oficina, etc.
Ventas
<u>Caseta de ventas</u>
Traslado de caseta de ventas
Retiro de caseta de ventas
Protecciones colectivas
Instalación de estructura metálicas -mallas vecinos
Instalación de estructura metálicas - mallas torre

Movimiento de tierras
Excavación de sótanos
Anillo 1
Anillo 2
Anillo 3
Retiro de excavadora
Muros anclados
Anclajes - flesan
Primer ingreso
Perforación e inyección de cables
Tensado de cables
Segundo ingreso
Perforación e inyección de cables
Tensado de cables
Anillo n° 1
Trazo y replanteo de muro
Corte de banqueta
Perfilado de banqueta
Lecha de cemento
Acero vertical
IIEE / IISS
Colocación de Tecnopor para losas y vigas
Encofrado vertical
Concreto en muro
Picado de cachimba
Desencofrado de muro
Anillo n° 2
Trazo y replanteo de muro
Corte de banqueta
Perfilado de banqueta
Lecha de cemento
Acero vertical
IIEE / IISS
Colocación de Tecnopor para losas y vigas
Encofrado vertical
Concreto en muro
Picado de cachimba
Desencofrado de muro
Tensado de cables
Anillo n° 3
Trazo y replanteo de muro
Corte de banqueta
Perfilado de banqueta
Lecha de cemento
Acero vertical
IIEE / IISS
Colocación de Tecnopor para losas y vigas
Encofrado vertical
Concreto en muro
Picado de cachimba
Desencofrado de muro
Tensado de cables
Anillo n° 4
Trazo y replanteo de muro
Corte de banqueta
Perfilado de banqueta
Lecha de cemento
Acero vertical

IIEE / IISS
Colocación de Tecnopor para losas y vigas
Encofrado vertical
Concreto en muro
Picado de cachimba
Desencofrado de muro
Tensado de cables
Estructuras
Cimentación
Falsa zapata
Excavación
Perfilado
Colocación de friso
Vaciado
Zapata
Trazo y replanteo de muro
Excavación
Perfilado
Solado / falsa zapata
Acero
Encofrado
Concreto
Desencofrado
Cisterna
Compactación de terreno
Solado de h=5 cm
Trazo y replanteo
Colocación de acero en losa de piso
Acero en verticales
IISS / IIEE
Encofrado de verticales
Concreto en verticales
Desencofrado
Encofrado de fondo de techo
Instalación de prelosas
Colocación de acero en losa de techo
Concreto en losa de techo
Relleno compactado
Desencofrado y apuntalamiento
Impermeabilización
Prueba de estanqueidad (4 días)
Carpintería metálica
Implementación de bombas (inc. IIEE)
Sótano
Verticales
Trazo y replanteo
Acero vertical
IIEE // IISS
Encofrado vertical
Concreto vertical
Desencofrado vertical
Horizontales
Encofrado de fondo de vigas
Acero de vigas
Encofrado de losa
Instalación de prelosas
Acero de losas
IIEE // IISS // digital

Prueba de estanqueidad (12 h)
Encofrado de frisos // remates
Prueba de presión de agua (2 h)
Concreto horizontal
Desencofrado - parcial & reapuntalamiento
Desencofrado - total
Torre
Verticales
Trazo y replanteo
Acero vertical
IIEE // IISS // digital
Encofrado vertical
Concreto vertical
Desencofrado vertical
Horizontales
Encofrado de fondo de vigas
Acero de vigas
Encofrado de losa
Instalación de prelosas
Acero de losas
IIEE // IISS // digital
Prueba de estanqueidad (12 h)
Encofrado de frisos // remates
Prueba de presión de agua (2 h)
Concreto horizontal
Desencofrado - parcial & reapuntalamiento
Desencofrado - total losa y vigas
Acabados húmedos
Torre
Acabado húmedo - casco
Limpieza post vaciado
Trazo y replanteo pre tarrajeo
Picoteo previo a tarrajeo/ aplicación de imprimante
Fijación de puntos
Tarrajeo de muros // columnas
Andamios // puntos // preparación de superficie
Tarrajeo de vigas
Retiro andamios, // puntos // preparación de superficie
Solaqueo de cielo raso
Tabiquería
Limpieza // trazo // preparación superficie
IIEE/gas
IISS
Trazo pre -tabiquería
Anclaje de acero
Asentado de muro
Dinteles
Fijación de puntos IIEE, IIGG y IISS
Solaqueo de muros de tabiquería
Desbaste de muros
Derrames de muros
Winchado y colocación de guías
Vaciado de sardineles / remates
Trazo de nivel para nivelación de pisos
Acabados sardineles nivelación de pisos
Enchape
Prueba de presión de agua-post vaciado
Enchapes pared

Enchapes pisos
Enchape contrazócalo, remates, bruñas, etc.
Fragua
Protección de enchape
Acabados secos
Torre - departamentos
Papel mural: limpieza e imprimación de muros
Papel mural: empaste grueso (1 era mano)
Papel mural: empaste grueso (2 da mano)
Pintura: lijado // imprimante en muros & techos
Puertas: instalación de marcos, hojas y chapas
Puertas: 1 era mano de pintura en marcos y hojas
Puertas: remasillado y lijado de marcos y hojas
Puertas: 2 da mano de pintura en marcos y hojas
Revisión y levantamiento de observaciones en puertas
Puertas: colocación de chapas de puertas
Puertas: forrado de puertas
Pintura: 1 era y 2 da mano de empaste grueso
Pintura: empaste fino
Pintura: lijado y sellado
Vidrios: instalación de marcos
Vidrios: instalación de vidrios
Vidrios: instalación de seguros
Pintura: 1 era mano de pintura
Mueble cocina: instalación de estructura
Closets: instalación de estructura
Carp. Metálica: pintura de barandas
IISS: instalación de aparatos sanitarios
IIEE: cableado eléctrico interior
Intercomunicador: cableado
D y a: cableado
IIEE: empalme de cableado
IIEE: prueba de megado
Mueble cocina: instalación de estructura
Mueble de cocina: instalación de muebles altos y repisas
Gas: prueba de presión (después de instalación muebles)
Mueble de cocina: instalación de tablero de granito
Mueble baño: instalación de estructura
Mueble baño: instalación de tablero de granito
Mueble de cocina: sello de tablero de granito
IISS: instalación De lavaderos + grifería
IISS: instalación De registros y sumideros
IISS: instalación De accesorios y sellado de aparatos
IISS: pruebas de escorrentía
Intercomunicador: instalación de teléfono
D y a: instalación de detector y luz
IIMM: instalación de extractores
Mueble de cocina: instalación de puertas y accesorios
Vidrios: instalación de marcos
Vidrios: instalación de vidrios
Papel mural: empaste fino
Papel mural: lijado de muros
Papel mural: sellado de muros
Papel mural: instalación
Papel mural: levantamiento de obs.
IIEE: colocación de placas (sin tapas) + TD
Vidrios: sello de ventanas y mamparas (interior)
Closets: instalación de estructura

Closets: instalación de puertas de closets
Pintura: remasillado de 1 era mano en muros y techos
Pintura: 2 da mano de pintura (látex)
Piso: instalación de laminado
Piso: instalación de contrazócalo y tapajuntas
Piso: instalación de tope puertas
Puertas: sellado
IIEE: instalación de terma
Limpieza gruesa
1 era entrega de dptos.
Levantamiento de observaciones 1
Limpieza semi fina
2 da entrega de dptos.
Levantamiento de observaciones 2
Limpieza fina
Entrega fina

5.3.2. Sectorización

Este es el procedimiento sugerido por la metodología, que es preciso para aplicar la programación a medio y corto plazo en el proyecto, ya que el plan maestro incluirá al menos varios sectores. Por lo tanto, es importante conocer el número de sectores de cada tarea para planificar en función de las métricas de cada sección. Esta guía se utiliza generalmente en los proyectos de construcción como es el caso de la obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

Para iniciar la clasificación sectorial de un proyecto, hay que hacer primero una propuesta sectorial preliminar, en función del tamaño del terreno y de la superficie del proyecto. Es importante conocer los elementos que requieren más tiempo en una jornada laboral, como el encofrado, ya que este elemento determina la cantidad diaria y el ritmo de trabajo, y permite determinar si las mediciones están correctamente equilibradas, y como es precursor del vertido de hormigón, conocer la cantidad diaria de hormigón y programar la cantidad prevista (Ver Figura N°23y Ver Tabla N°23).

De acuerdo a los escenarios del proyecto, para garantizar la correcta asignación de los sectores, se dibujaron y dividieron los sectores (en hojas de Excel) de acuerdo con los procedimientos y especificaciones definidos en los planes del proyecto, tratando de mantener un orden lógico entre los sectores y de que el cálculo fuera lo más uniforme posible.



Figura N° 23. Sectorización del sótano

Tabla N° 7. Sectorización del sótano

SECTORES
1
2
3
4

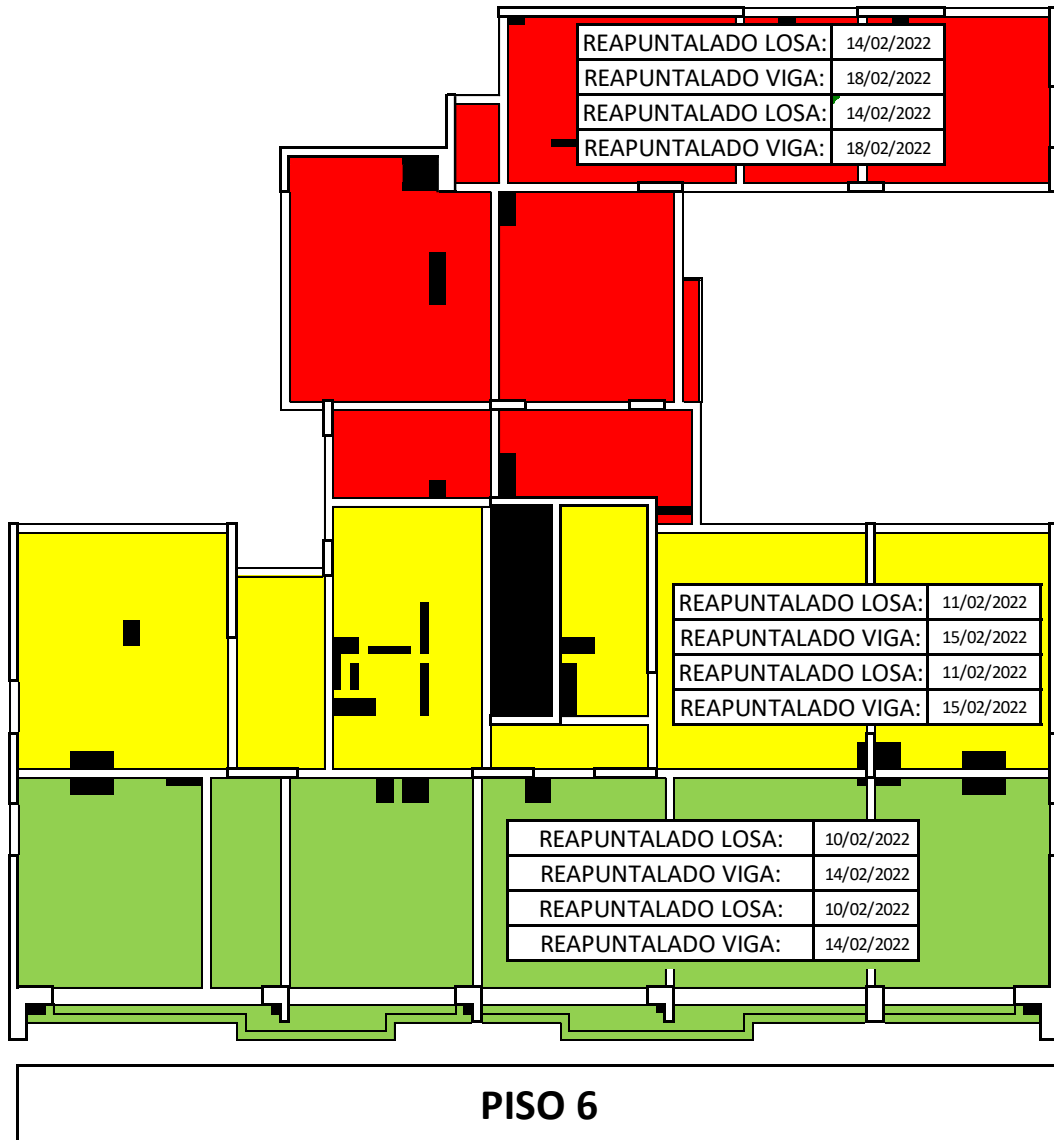


Figura N° 24. Sectorización de la torre

En la figura N° 24 se puede observar la distribución y encadenamiento de reapuntado de losas y vigas, a cada sección se le establece una fecha tentativa de colocación, esto permite equilibrar las métricas. Cada sección esta codificada por un color determinado: rojo, verde y amarillo, en función al orden de ejecución de la obra. Esta sectorización fue aplicada para los sótanos y los pisos de la torre, y a continuación se estableció la cadena de acciones para el Lookahead Planning de la obra.

5.3.3. Programación intermedia o Lookahead Planning

Con este método, se dispone de un instrumento de programación más eficaz, el Lookahead Planning, que prepara al supervisor de campo con el consentimiento del ingeniero residente.

El Lookahead Planning es un instrumento del método Last Planner, que en la construcción depende de dos constituyentes primordiales, uno llamado variabilidad del proyecto y otro llamado tiempo requerido para prescindir de las restricciones.

Esta planificación permite definir todas las limitaciones necesarias para completar determinadas tareas de la obra. La planificación consiste en una serie de acciones con una duración prevista de 4 a 6 semanas, dependiendo especialmente de la localización del proyecto. El proyecto multifamiliar Lavanda localizado en el distrito de Lince de Lima Metropolitana, no requiere un gran esfuerzo para obtener recursos y equipos para las diversas fases de la ejecución de la obra.

En esta fase, las reuniones semanales deberían cobrar mayor importancia, debido a que los subcontratistas están en la capacidad de reconocer todas las limitaciones que tendrá la obra para cada tarea y tendrán el compromiso y el deber de respetar sus partidas.

El formato de la programación semanal se puede observar en la Tabla N° 8, donde se evidencia las actividades realizadas desde la semana 10 a la semana 14. Esta se distribuye en por sectores para cada elemento de la estructura.

Tabla N° 8. Programación intermedia de la obra

	MARZO																								
	Semana 10					Semana 11					Semana 12					Semana 13					Semana 14				
	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie
	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31	1	4	5	6	7	8
ESTRUCTURAS																									
TORRE																									
VERTICALES																									
TRAZO Y REPLANTEO	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3		
ACERO VERTICAL	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3		
IIEE // IISS // DIGITAL	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3		
ENCOFRADO VERTICAL	P14-1	P14-2	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3		
CONCRETO VERTICAL	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3	
DESENCOFRADO VERTICAL	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3
HORIZONTALES																									
ENCOFRADO DE FONDO DE VIGAS	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3	
ACERO DE VIGAS	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3	
ENCOFRADO DE LOSA	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3
INSTALACION DE PRELOSAS	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3
ACERO DE LOSAS	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3
IIEE // IISS // DIGITAL	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3
PRUEBA DE ESTANQUEIDAD (12 HRS)	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3
ENCOFRADO DE FRISOS // REMATES	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2
PRUEBA DE PRESIÓN DE AGUA (2 HRS)	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2
CONCRETO HORIZONTAL	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2
DESENCOFRADO - PARCIAL & REAPUNTAMIENTO	P11-3	P12-1	P12-2	P12-3	P13-1	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3
DESENCOFRADO - TOTAL LOSA Y VIGAS	P10-2	P10-3	P11-1	P11-2	P11-3	P12-1	P12-2	P12-3	P13-1	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2

Tabla N° 9. Programación intermedia con restricciones de la obra.

	MARZO																															
	Semana 10							Semana 11					Semana 12					Semana 13					Semana 14									
	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31	1	4	5	6	7	8					
ESTRUCTURAS																																
TORRE																																
VERTICALES																																
TRAZO Y REPLANTEO	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3			P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3							
R: MATERIALES. LLEGADA DE ACERO PORTANTE (PLACAS Y COLUMNAS)																																
ACERO VERTICAL	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3			P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3							
IIEE // ISS // DIGITAL	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3			P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3							
ENCOFRADO VERTICAL	P14-1	P14-2	P15-1	P15-2	P15-3			P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3							
CONCRETO VERTICAL	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2			P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3						
DESENCOFRADO VERTICAL	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1			P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3					
HORIZONTALES																																
ENCOFRADO DE FONDO DE VIGAS	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2			P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3						
R: MATERIALES. LLEGADA DE ACERO DE COBERTURA (VIGAS Y LOSA)																																
ACERO DE VIGAS	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2			P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3						
ENCOFRADO DE LOSA	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1			P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3					
INSTALACION DE PRELOSAS	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1			P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3					
ACERO DE LOSAS	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1			P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3					
IIEE // ISS // DIGITAL	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1			P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3					
R: MATERIALES: LLEGADA DE PLANCHAS PARA ENCOFRADO COLINDANTE CON VECINOS																																
R: MATERIALES: LLEGADA DE MATERIAL PARA INSTALACIONES																																
PRUEBA DE ESTANQUEIDAD (12 HRS)	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1			P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2	AZ-3					
ENCOFRADO DE FRISOS // REMATES	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3			P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2					
PRUEBA DE PRESIÓN DE AGUA (2 HRS)	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3			P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2					
CONCRETO HORIZONTAL	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3			P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	AZ-1	AZ-2					
DESENCOFRADO - PARCIAL & REAPUNTAMIENTO	P11-3	P12-1	P12-2	P12-3	P13-1			P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3					
DESENCOFRADO - TOTAL LOSA Y VIGAS	P10-2	P10-3	P11-1	P11-2	P11-3			P12-1	P12-2	P12-3	P13-1	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2					

En la Tabla N° 9 se observa la programación intermedia con la identificación de las limitaciones o restricciones primordiales (materiales y equipos), estas fueron resaltadas con la coloración roja ubicada en la columnas de las actividades y su programación fue estimada para su llegada a la obra en un lapso de cuatro semanas. Las mismas permiten al supervisor de campo realizar la solicitudes con anterioridad de todo los materiales y equipos requeridos para la obra.

5.3.4. Programación semanal

Los planes semanales son una forma de proyección detallada a corto plazo con cargas de trabajo y plazos, que deben estar libres de limitaciones en la realización de las tareas. Este calendario es preparado por supervisor de campo en colaboración con el jefe de la oficina técnica y el ingeniero residente de la obra es responsable de administrar y controlar la eliminación oportuna de las limitaciones identificadas durante la programación intermedia. La información se comparte con todos los miembros del equipo y los subcontratistas en reuniones semanales.

Cuando las tareas semanales no están limitadas, las medidas de cantidad y métrica para cada día de la semana se revisan de acuerdo con la planificación intermedia, conociendo que en muchos casos los trabajos ordenados para la semana terminada no se han completado en su integridad y que existe la oportunidad de compensar el déficit la semana siguiente mediante pequeñas cargas de trabajo diarias.

El uso de holguras o colchones permiten proteger y así poder completar las tareas en el transcurso de la semana, motivado a que las tareas se ejecutan de lunes a viernes con una planificación semanal, lo que se considera que este instrumento es una ventaja de la técnica.

Seguidamente se presenta en la Tabla N° 10 con el plan semanal de la obra, además se muestra la métrica programada para ejecutar en la semana, este plan corresponde a tres sectores establecidos en función a la sectorización determinada.

Tabla N° 10. Programación semanal

Actividades	Unid.	Metrado prog.	Horario de trabajo	Horas totales	Marzo					Análisis causa raíz		
					Semana 10					Si	No	Causa de incumplimiento
					L	M	M	J	V			
7	8	9	10	11								
ESTRUCTURAS												
TORRE												
VERTICALES												
TRAZO Y REPLANTEO	glb	-	8:00 a 9:00	5,00	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	5	0	
IIEE // IISS // DIGITAL	glb	-	8:00 a 8:30	2,50	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	5	0	
ENCOFRADO VERTICAL	m ²	259.25	9:00 a 15:30	35	P14-1	P14-2	P15-1	P15-2	P15-3	5	0	
CONCRETO VERTICAL	m ³	32.25	16:30 a 17:00	2,5	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	5	0	
DESENCOFRADO VERTICAL	m ²	148.75	8:00 a 9:00	5	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	5	0	
HORIZONTALES												
ENCOFRADO DE FONDO DE VIGAS	m ²	155.70	11:30 a 17:30	35	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	5	0	
ACERO DE VIGAS	Kg	20.000	8:00 a 14:00	35	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	4	1	Falta de material en la obra
ENCOFRADO DE LOSA	m ²	52.75	8:00 a 11:30	22,5	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	5	0	
INSTALACIÓN DE PRELOSAS	m ²	628.20	11:30 a 13:00	12,5	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	4	1	Falta de prelosas en la obra
ACERO DE LOSAS	Kg	5.000	13:00 a 17:30	27,5	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	4	1	Falta de material en la obra
PRUEBA DE ESTANQUEIDAD (12 HRS)	glb	-	13:00 a 17:30	27,5	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	5	0	
ENCOFRADO DE FRISOS // REMATES	glb	-	8:00 a 11:00	15	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	5	0	
PRUEBA DE PRESIÓN DE AGUA (2 HRS)	glb	-	8:00 a 11:00	15	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	5	0	
CONCRETO HORIZONTAL	m ³	162.5	11:00 a 12:00	5	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	5	0	
Análisis de confiabilidad semanal										67	3	
Análisis de confiabilidad semanal (%)										96%	4%	

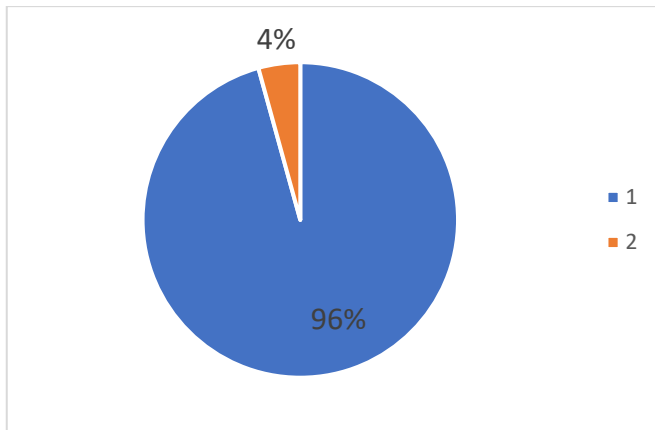


Figura N° 25. Porcentaje del plan cumplido

5.3.5. Programación diaria

De acuerdo con las técnicas utilizadas en el proyecto, el programa diario pertenece a la planificación final o enlace para la ejecución de las tareas sobre el terreno. En el marco del proyecto, el supervisor de campo elabora este calendario tras mantener conversaciones diarias con el responsable de seguridad, el ayudante de campo, el capataz y los capataces o supervisores de cada subcontratista.

Al final de cada jornada laboral, el supervisor y los capataces comprueban que el personal ha realizado las tareas que se le han asignado. Si la medición diaria no puede realizarse, se pospone al día siguiente o a otros días de la semana.

Para controlar y supervisar mejor la planificación, en la obra se decide fragmentar el plan diario en dos partes; la primera es la parte gráfica, claramente detallada por una leyenda de trabajos que da una sombra del progreso de cada sector para ese día; la segunda parte consiste en una planificación escrita de cada una de las tareas que se van a realizar ese día y es más detallada en cuanto al horario y las horas de trabajo de cada actividad.

En la obra, antes del inicio de la jornada de trabajo, el programa diario es revisado por los responsables, firmado y puesto a disposición de todo el personal que interviene en la realización y producción de las tareas de la obra, incluyendo el jefe de obra, el responsable de seguridad, el ayudante de obra, el capataz principal, los capataces y/o los encargados. Esto garantiza que todos los responsables de los procesos estén claramente informados del trabajo que se va a realizar durante el día. A continuación, en la Tabla N° 11 se presenta el programa diario de la obra.

Tabla N° 11. Plan diario

		Plan diario							
Proyecto:		Edificio multifamiliar lavanda			Fecha:		Lunes, 31 de enero de 2022		
Descripción de actividad	Und	Metrado	Cuadrilla	Inicio	Fin	Total horas	responsable	Personal	Restricción / observaciones
Piso 5									
Horizontales									
Sector 2									
Entrega de prueba de estanqueidad (12 h)	glb		1 Op	8:00	8:30	0,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Bergman Mayhua	
Quemado de muros de tabiquería para anclajes	glb		1 Ayud	8:00	11:00	3,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Teodoro Lliuyac	
IISS digital	glb		4 Op+ 3 Ayud	8:00	11:00	3,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Bergman Mayhua	
IIEE digital	glb		4 Op+ 3 Ayud	8:00	11:00	3,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Ever Silva	
Prueba de presión	glb		1 Op	8:00	11:00	3,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Bergman Mayhua	
Limpieza de losa, retiro de remanentes	glb		1 Op + 1 Ayud	8:00	11:00	3,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Teodoro Lliuyac	
Enferrado de losa	kg	2.000,00	2 Op +2 Ayu	8:00	11:00	3,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Simón Cuadra	
Concreto en losa y vigas	m3	32,50	4 Op + 1 Of	11:00	12:00	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Teodoro Lliuyac	
Acabado de losa	m2	171,45	5 Op	12:00	15:00	3,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Teodoro Lliuyac	
Sector 3									
Encofrado de laterales de viga	m2	38,47	3 Op + 3 Ayud	8:00	11:30	3,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Acero de vigas	kg	4.000,00	6 Op	8:00	14:00	6,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Simón Cuadra	
Encofrado de losa maciza en campo	m2	10,55	2 Op +2 Ayud	8:00	11:30	3,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Encofrado de pre losa maciza	m2	62,82	2 Op + 2 Ayud	8:00	11:30	3,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Instalación de prelosa maciza	m2	125,64	1 Of + 2 Rigger	11:30	13:00	1,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Acero de losas	kg	1.000,00	4 Op	13:00	17:30	4,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Simón Cuadra	
IIEE / digital	glb		4 Op+ 3 Ayud	13:00	17:30	4,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Ever Silva	
IISS // digital	glb		4 Op+ 3 Ayud	13:00	17:30	4,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Bergman Mayhua	
Prueba de estanqueidad (12 h)	glb		1 Op	13:00	17:30	4,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Bergman Mayhua	
Trazo para muros de tabiquería	glb		1 Op + 1 Of	13:00	17:30	4,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Fredy Loayza	
Sector 3									
Desencofrado verticales -placas	m2	91,80	2 Op + 2 Ayud	8:00	9:00	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Desencofrado verticales -columnas	m2	29,75	1 Op + 1 Ayud	8:00	9:00	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Piso 6									
Horizontales									
Sector 1									
Encofrado de fondo de viga	m2	31,14	2 Op + 2 Ayud	11:30	17:30	6,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Acero de vigas	kg	4.000,00	6 Op	11:00	17:30	6,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Simón Cuadra	
Encofrado de losa maciza en campo	m2	21,65	2 Op + 2 Ayud	11:30	14:00	3,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Encofrado de pre losa maciza	m2	17,76	2 Op + 2 Ayud	11:30	14:00	3,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Encofrado de pre aligerada	m2	75,65	2 Op + 2 Ayud	8:00	11:30	3,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Verticales									
Sector 1									
Revisión de trazo de acero y colocación	glb		1 Op	8:00	9:00	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Fredy Loayza	

Trazo y replanteo	glb		1 Op + 1 Ayud	8:00	9:00	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
IIEE / digital	glb		4 Op + 3 Ayud	8:00	9:00	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
IISS // digital	glb		4 Op + 3 Ayud	8:00	9:00	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Encofrado vertical- placas	m ²	57,16	2 Op + 2 Ayud	9:00	15:30	6,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Encofrado vertical- columnas	m ²	51,85	2 Op + 2 Ayud	9:00	15:30	6,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Pablo Millones	
Concreto vertical- placas	m ³	6,96	2 Op + 1 Ayud	15:30	16:30	1,00	Julio Núñez/ Diego Leyva	Teodoro Lliuyac	
Concreto vertical- columnas	m ³	6,45	2 Op + 1 Ayud	16:30	17:00	0,50	Julio Núñez/ Diego Leyva	Teodoro Lliuyac	
Trabajos varios									
Señalización permanente	glb	1,00	1 Ayu	8:00	17:30	8,50	Pedro Chávez	Gutierrez	
Limpieza general	glb	1,00	1 Ayu	8:00	17:30	8,50	Pedro Chávez	Gutierrez	
Responsables de obra / seguimiento y control									
Residente de obra		Producción			Maestro de obra			AGRUMAQ	
2a Ingenieros		Concreto			Carpintería			Topógrafo	

5.4. Análisis de resultados

5.4.1. Porcentaje del plan cumplido

A partir de la programación semanal se pudo cuantificar el cumplimiento de las actividades cumplidas, las actividades incumplidas y el porcentaje del plan cumplido, estos resultados se pueden observar en la Tabla N° 12.

Tabla N° 12. Porcentaje del plan cumplido

Semanas	Actividades programadas	Actividades cumplidas	Actividades incumplidas	Porcentaje de plan cumplido (PPC) (%)
Semana 5	70	60	10	86
Semana 6	67	59	8	88
Semana 7	66	59	7	89
Semana 8	71	62	9	87
Semana 9	63	57	6	90
Semana 10	73	67	6	92
Semana 11	70	63	7	90
Semana 12	71	66	5	93
Semana 13	70	67	3	96
Semana 14	59	53	4	93
Promedio	68	61	7	90

Fuente: elaboración propia.

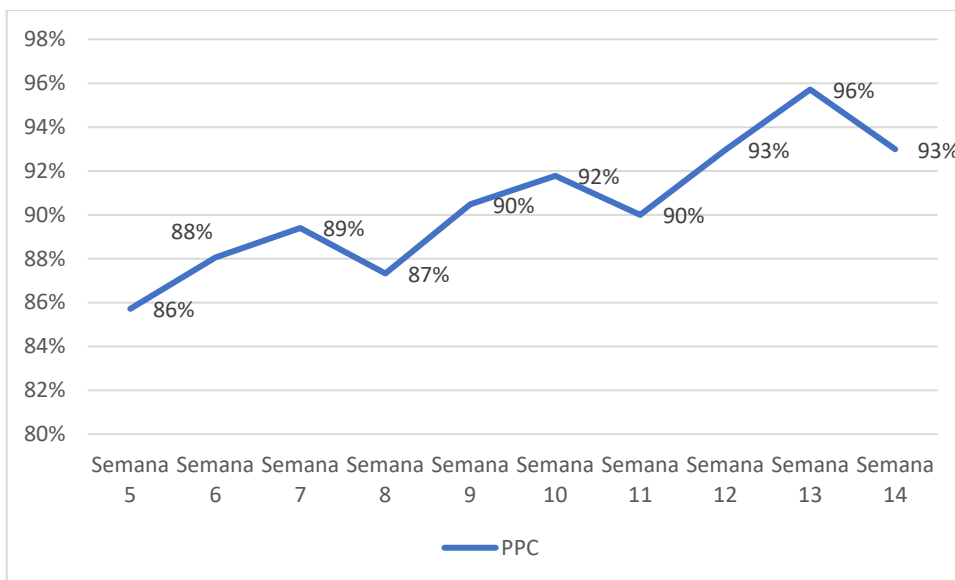


Figura N° 26. Porcentaje del plan cumplido

Como se puede observar en la Figura N° 26, la semana donde se cumplió el mayor número de actividades fue la semana 13 con 96% de PPC, mientras que la semana donde no se observó el menor cumplimiento fue la semana 5 con un PPC de 86% y un promedio de 90%. Estos resultados evidencian los cambios que genera la filosofía LC en el proceso de construcción, ya que a partir de la semana 10 después de la implementación de las herramientas Last Planner System (sistema del último planificado) se observa un aumento del PPC, mejorando los incumplimiento relacionado con la ejecución, subcontratista, logística, entre otros.

5.4.2. Porcentaje semanal de producción

Seguidamente, en la Tabla N° 13, se presenta los resultados obtenidos del porcentaje semanal de producción, el cual se relaciona con el metrado realizado por semana en la diversas actividades y el porcentaje que este representa del metrado planeado a realizar. Cabe mencionar que, el metrado que queda pendiente por realizar en cada semana, se ejecuta la semana siguiente. Los resultados completos se pueden observar en el Anexo N° 4.

Tabla N° 13. Porcentaje semanal de producción

N	Actividades	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Promedio
		PSP (%)	PSP (%)	PSP (%)	PSP (%)	PSP (%)	
1	Encofrado vertical	90	100	100	89	100	96
2	Concreto vertical	100	100	100	100	100	100
3	Desencofrado vertical	83	87	94	100	90	91
4	Encofrado de fondo de vigas	100	96	100	100	96	99
5	Acero de vigas	100	98	100	100	94	98
6	Encofrado de losa	95	100	95	100	95	97
7	Instalación de prelosas	100	100	96	96	100	98
8	Acero de losas	90	94	96	100	100	96
9	Concreto horizontal	100	100	100	100	100	100
Promedio							97

Fuente: elaboración propia.

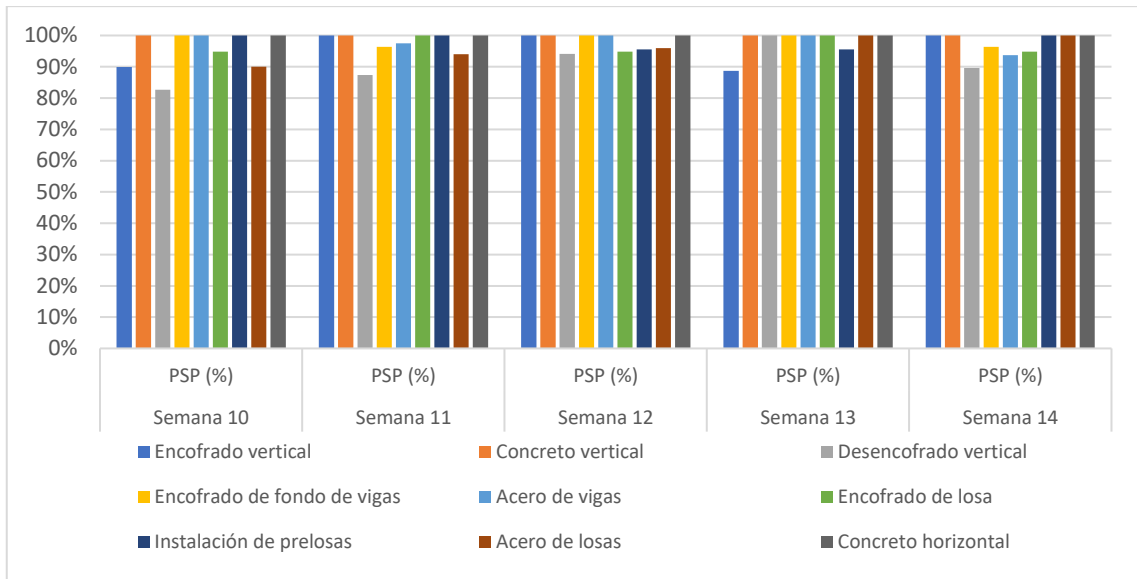


Figura N° 27. Porcentaje semanal de producción

Como se puede evidenciar en la Figura N° 27, la semana 13 fue la que mejores resultados se obtuvo en relación con el porcentaje semanal de producción, de las nueve actividades evaluadas, siete se ejecutaron al 100 %, mientras que el encofrado vertical (89%) y la instalación de prelosas (96 %) fueron las actividades que no se lograron completar en esa semana. Cabe mencionar que del resto de las semanas evaluadas, en todos los caso, se completaron cinco actividades (100 %) y cuatro actividades no lograron completarse.

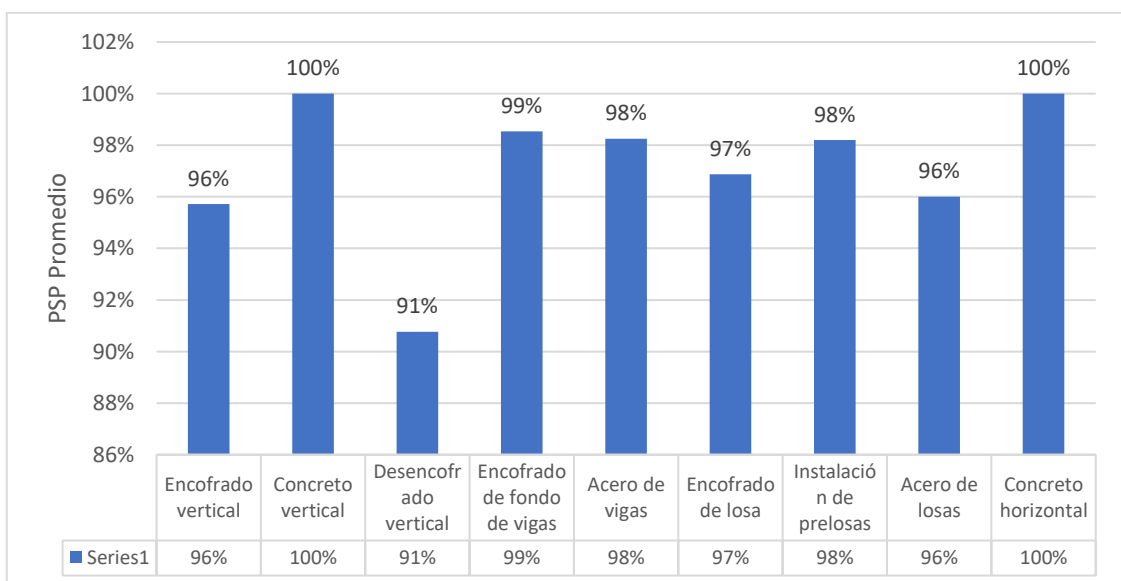


Figura N° 28. PSP Promedio por actividad

En la Figura N° 28 se puede observar que las actividades de concreto vertical y concreto horizontal son las que alcanzaron el mejor promedio de PSP con 100% de producción del metrado planificado por semana, mientras que el desencofrado vertical tuvo el menor nivel de producción semanal promedio con un valor igual a 91% para la cinco semanas evaluadas. Finalmente, el promedio del porcentaje semanal de producción fue igual a 97%.

5.4.3. Eficiencia en la obra de losa prefabricada

Para conocer la eficiencia de los procesos que se realizan en la obra, se realizó la medición de los tiempos: productivos, contributivo y no contributivo antes y después de la implementación de LC. El resumen de los resultados se puede observar en la Tabla N° 14 y los resultados completos se pueden observar en el Anexo 3.

Tabla N° 14. Clasificación de los tiempos de trabajo en la obra de losa prefabricada

	Tiempos antes de aplicar LC				Tiempo después de aplicar LC			
	Productivo	Contributivo	No contributivo	Total	Productivo	Contributivo	No contributivo	Total
Tiempos Promedio	154,44	232,56	180,20	570	193,04	268,32	108,64	570
Eficiencia (%)	27	41	32	100	34	47	19	100

Fuente: elaboración propia.

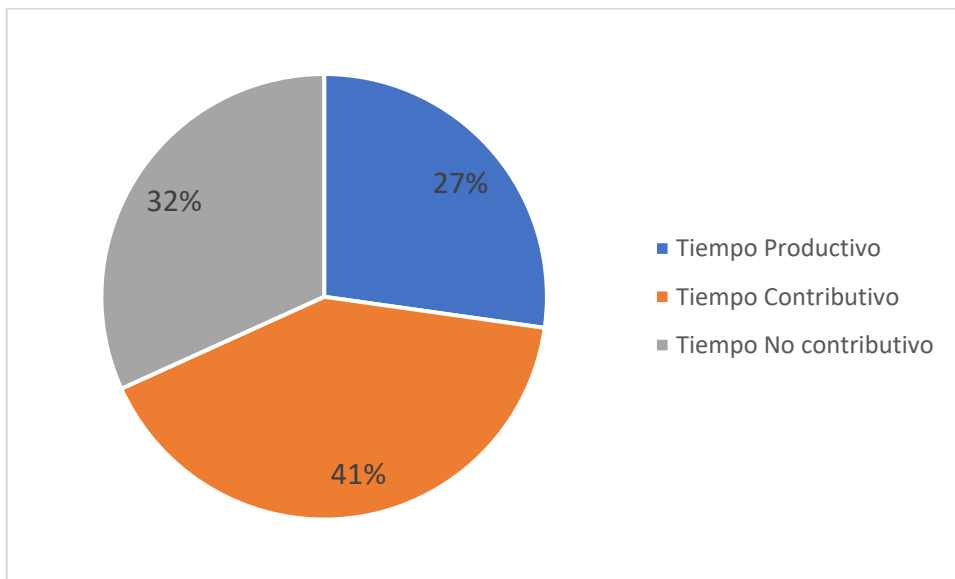


Figura N° 29. Tiempos antes de la implementación Lean Construction

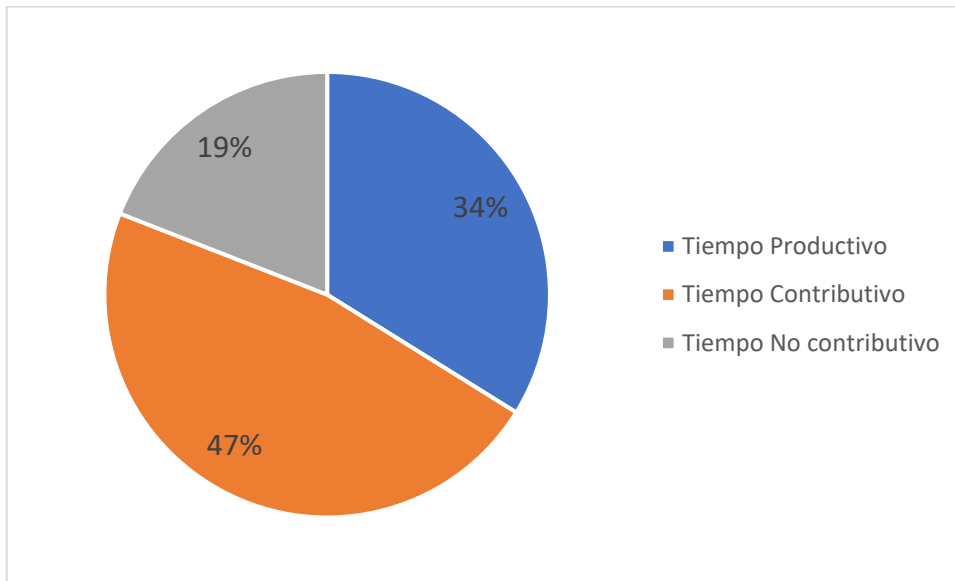


Figura N° 30. Tiempos después de la implementación Lean Construction

Como se puede observar en la Figura N° 29, antes de implementar el LC, el tiempo productivo tuvo un valor de 27%, mientras que el tiempo contributivo fue igual a 41% y el tiempo no contributivo fue de 32%. Una vez implementado el LC el tiempo productivo se incrementó a 34%, mientras que el tiempo contributivo aumento a 47% y finalmente el tiempo no contributivo se redujo a 19% (Ver Figura N° 30).

5.4.4. Eficacia de una obra de losa prefabricada

Para obtener la eficacia de la obra, se tomó en cuenta el presupuesto estimado (meta) y el presupuesto final (real) obtenido para diferentes partidas relacionada con la obra de losas prefabricadas en el proyecto multifamiliar Lavanda, el resumen de los resultados se pueden observar en la Tabla N° 15 y los resultados completos de ambos presupuestos se pueden observar en el Anexo N° 6 y Anexo N° 7

Tabla N° 15. Presupuesto meta y real de la obra de losa prefabricada

Presupuesto	Meta (S/)	Real (S/)	Diferencia	Ahorro (%)	Eficacia (%)
Losa de estacionamiento	101.568,63	98.141,75	3.426,88	3	97
Losas macizas	2.422.281,50	2.323.208,81	99.072,69	4	96
Losas aligeradas	2.969.869,20	2.746.519,46	223.349,74	8	92
Varios	64.943,69	58.765,93	6.177,76	10	90
Total	5.558.663,02	5.226.635,94	332.027,08	6	94

Fuente: elaboración propia.

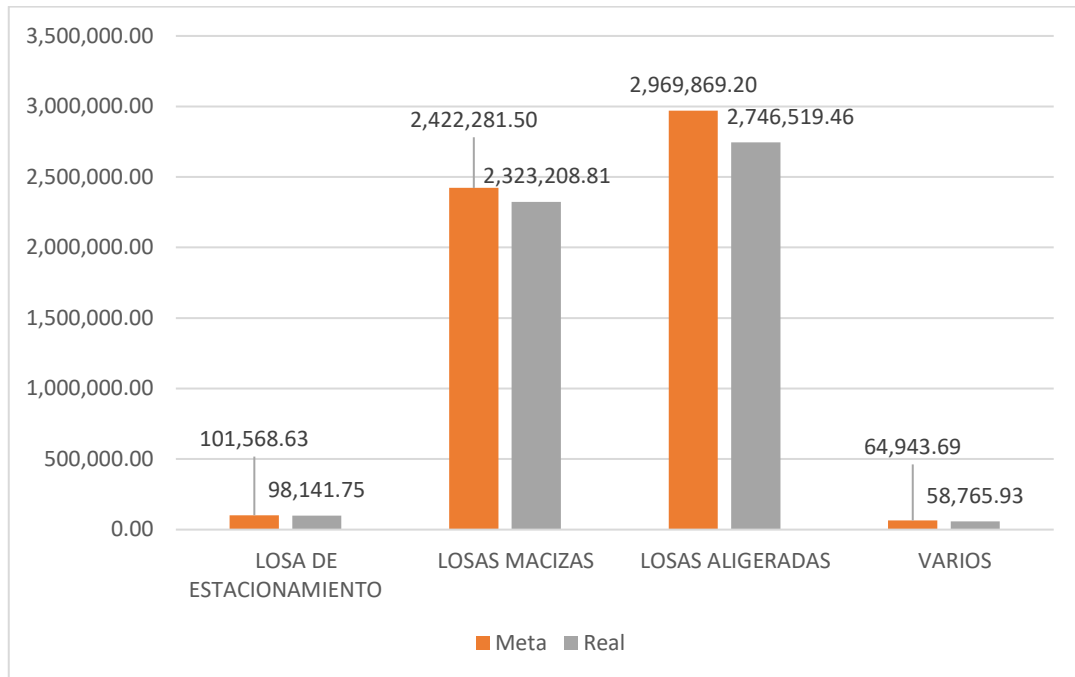


Figura N° 31. Presupuesto meta y real de la obra de losa prefabricada

Como se puede observar en la Figura N° 31, se evidencia una reducción de los presupuestos meta para todas las partidas evaluadas. La partida de Losa de estacionamiento paso de 101.568,63 S/ a 98141,45 S/, siendo esta la partida con mayor eficacia con un 97%, mientras que la partida de Losas macizas paso de una estimación de 2.422.281,50 S/ a 2.323.208,81 S/ con una eficacia igual a 96%, por otro lado la partida Losas aligeradas paso de 2.969.869,20 S/ a 2.746.519,46 S/ con una eficacia de 92%, finalmente, la partida Varios paso de 64.943,69 S/ a 58.765,93 S/ con una eficacia igual a 90. El presupuesto total estimado fue de 5.558.663,02 S/, mientras el presupuesto real obtenido fue igual a 5.226.635,94 S/ y se obtuvo una eficacia total de 94%.

5.5. Contrastación de hipótesis

5.5.1. Evaluar cómo el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada

Ahora bien, para contrastar la hipótesis 1 de la presente investigación inicialmente se evaluó la distribución de normalidad de los datos de tiempo de las actividades, para lo cual se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, que permitió comprobar la siguiente hipótesis:

H0: los datos de la muestra se ajustan a la distribución normal.

H1: los datos de la muestra no se ajustan a la distribución normal.

Para el criterio del rechazo de la hipótesis nula, se empleó lo mencionado por Díaz Rodríguez (2019) quien menciona que el nivel de significancia para el rechazo de las hipótesis nula es menor a 0,050.

Tabla N° 16. Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T. Productivo (%) antes de LC	,868	25	,004
T. Contributivo (%) antes de LC	,836	25	,001
T. No contributivo (%) antes de LC	,908	25	,027
T. Productivo (%) después de LC	,445	25	,000
T. Contributivo (%) después de LC	,958	25	,385
T. No contributivo (%) después de LC	,948	25	,232

En la tabla N° 16 se puede observar que los valores de significancia de los tiempos antes de la implementación de LC tuvieron valores menores a 0.050, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula, es decir este grupo de datos no tienen una distribución normal. Mientras que los valores de significancia de los tiempos después la implementación de LC a excepción del tiempo productivo (menor a 0.050 no se rechaza la hipótesis nula), son mayores al valor teórico de 0.050, por lo que se rechaza la hipótesis nula para este dos grupos de datos (T. Contributivo y T. No contributivo), es decir, estos presentan una distribución normal.

Ahora bien, para observar si existen diferencias significativa entre los tiempos de las actividades antes y después de la implementación de LC, de acuerdo a lo resultados obtenido, se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon. Como el caso anterior, el criterio de rechazo de la hipótesis nula es que el valor de la significancia sea menor a 0.050.

En este sentido, para evaluar cómo el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda, se evaluó la hipótesis 1.

H0: El porcentaje del plan cumplido no optimiza significativamente la eficiencia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

H1: El porcentaje del plan cumplido optimiza significativamente la eficiencia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

Tabla N° 17. Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
T. Productivo (%) después de LC - T. Productivo (%) antes de LC	Rangos negativos	3 ^a	9,33	28,00
	Rangos positivos	22 ^b	13,50	297,00
	Empates	0 ^c		
	Total	25		
T. Contributivo (%) después de LC - T. Contributivo (%) antes de LC	Rangos negativos	0 ^d	,00	,00
	Rangos positivos	25 ^e	13,00	325,00
	Empates	0 ^f		
	Total	25		
T. No contributivo (%) después de LC - T. No contributivo (%) antes de LC	Rangos negativos	25 ^g	13,00	325,00
	Rangos positivos	0 ^h	,00	,00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	25		
a. T. Productivo (%) después de LC < T. Productivo (%) antes de LC				
b. T. Productivo (%) después de LC > T. Productivo (%) antes de LC				
c. T. Productivo (%) después de LC = T. Productivo (%) antes de LC				
d. T. Contributivo (%) después de LC < T. Contributivo (%) antes de LC				
e. T. Contributivo (%) después de LC > T. Contributivo (%) antes de LC				

f. T. Contributivo (%) después de LC = T. Contributivo (%) antes de LC
g. T. No contributivo (%) después de LC < T. No contributivo (%) antes de LC
h. T. No contributivo (%) después de LC > T. No contributivo (%) antes de LC
i. T. No contributivo (%) después de LC = T. No contributivo (%) antes de LC

Tabla N° 18. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

	T. Productivo (%) después de LC - T. Productivo (%) antes de LC	T. Contributivo (%) después de LC - T. Contributivo (%) antes de LC	T. No contributivo (%) después de LC - T. No contributivo (%) antes de LC
Z	-3,619 ^b	-4,374 ^b	-4,373 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,000	,000	,000
b. Se basa en rangos negativos.			
c. Se basa en rangos positivos.			

Como se puede evidenciar en la Tabla N° 18, se obtuvieron valores de significancia asintótica iguales a 0.000 para los tres casos, siendo estos valores menores a 0.050, por este motivo se rechaza la hipótesis nula, lo que confirma que el porcentaje del plan cumplido optimiza significativamente la eficiencia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

5.5.2. Demostrar cómo el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada

Ahora bien, para contrastar la hipótesis 2 de la presente investigación, se evaluó la distribución de normalidad de los datos del presupuesto meta (estimado) y del presupuesto real, para lo cual se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, que permitió comprobar la siguiente hipótesis:

H0: los datos de la muestra se ajustan a la distribución normal.

H1: los datos de la muestra no se ajustan a la distribución normal.

Tabla N° 19. Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Costo Meta	,698	29	,000
Costo Real	,696	29	,000

En la tabla N° 19 se puede observar que los valores de significancia de los costos del presupuesto meta y del presupuesto real, tuvieron valores de 0.000, siendo menores a 0.050, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula, es decir este grupo de datos no tienen una distribución normal.

Ahora bien, para observar si existen diferencias significativa entre los costos del presupuesto meta y real, de acuerdo a lo resultados obtenido, se debe aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon. Como el caso anterior, el criterio de rechazo de la hipótesis nula es que el valor de la significancia sea menor a 0.050.

En este sentido, para demostrar cómo el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar lavanda, se evaluó la hipótesis 2.

H0: El porcentaje semanal de producción no optimiza significativamente la eficacia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

H1: El porcentaje semanal de producción optimiza significativamente la eficacia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

Tabla N° 20. Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Costo Real - Costo Meta	Rangos negativos	29 ^a	15,00	435,00
	Rangos positivos	0 ^b	,00	,00
	Empates	0 ^c		
	Total	29		
a. Costo Real < Costo Meta				
b. Costo Real > Costo Meta				
c. Costo Real = Costo Meta				

Tabla N° 21. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

	Costo Real - Costo Meta
Z	-4,703 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000
b. Se basa en rangos positivos.	

Como se puede evidenciar en la Tabla N° 21, se obtuvo valor de significancia asintótica igual a 0.000, siendo este valor menor a 0.050, por este motivo se rechaza la hipótesis nula, lo que confirma que el porcentaje semanal de producción optimiza significativamente la eficacia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

EL propósito de la presente investigación consistió en implementar Lean Construction para optimizar la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

La implementación de Lean Construction se llevó a cabo mediante la herramienta Last Planner System (sistema del último planificado), realizando en primer lugar la aplicación del plan maestro de la obra que se realizó en 14 semanas (ver Anexo N° 2). Sin embargo, en el plan maestro se observa que el tiempo para la ejecución de las actividades que involucra la losa prefabricada abarcó ocho semanas. De este plan maestro se realizaron dos cronogramas: el calendario de ventas y el calendario meta, el primero con una duración de ocho semanas (Ver Tabla N° 4) y el segundo con una duración de 5 semanas (Ver Tabla N° 5).

Para la siguiente fase de la aplicación de LC se realizó la sectorización de los espacios a construir, dependiendo del lugar sectorizado, se establecieron cuatro o tres sectores clasificados con un sistema de colores y fechas para ejecución de las actividades por sector (Ver Figura N° 23). Esto permitió establecer la programación intermedia o Lookahead Planning que abarcó desde la semana 10 hasta la semana 14 (Ver Tabla N° 8), asimismo esta programación permitió identificar cuatro restricciones relacionadas con la logística de los materiales necesarios en la obra.

A continuación se estableció el programa semanal donde se pudo determinar las actividades que se cumplieron y la no cumplidas, en total para la semana 10, se planificaron 70 actividades lográndose un análisis de confiabilidad semanal del 96% (67 actividades cumplidas), entre la causas que originaron el incumplimiento de las actividades se encontró: falta de material en la obra y falta de prelosas en la obra (Ver Tabla N° 10).

Para concluir con la implementación de LC se aplicó la programación diaria, esta consistió en planificar las actividades a realizar para cada cuadrilla en función al metrado correspondiente de la sectorización y el tiempo de duración para esa tarea (Ver Tabla N° 11).

De la implementación de LC se obtuvo un aumento del porcentaje de plan cumplido (PPC) entre la semana 5 y la semana 14, siendo el valor más alto obtenido para la semana 13 con un 96% de cumplimiento (Ver Figura N° 26), mientras que el promedio obtenido fue de 90% de cumplimiento para actividades semanales (Ver Tabla N° 12).

En relación al porcentaje semanal de producción se obtuvo que para la semana 13, siete actividades alcanzaron el 100% de ejecución, mientras que el resto de semanas cinco actividades logrando alcanzar el 100% de ejecución (Ver Figura N° 27). En promedio, las actividades que alcanzaron el 100% de producción fueron el concreto vertical y el concreto horizontal con 100% y la que menos producción tuvo fue el desencofrado vertical con un 91% (Ver Figura N° 28).

Para este estudio, la productividad se obtuvo mediante la medición de la eficiencia, para lo cual se realizaron las mediciones de los tiempos laborales: productivo (TP), contributivo (TC) y no contributivo (TNC) antes y después de la aplicación de LC. Antes de la aplicación de LC el TP promedio fue igual a 154.44 min, el TC promedio fue de 232.56 min y el TNC promedio fue de 180.20 min, la eficiencia promedio obtenida a partir del TP fue de 27%, el TC representó el 41% y el TNC representó el 32%; mientras que después de la aplicación de LC, el TP promedio aumentó a 193.04 min, el TC promedio también aumentó a 286.32 min y el TNC promedio se redujo a 108.64, la eficiencia promedio también aumentó a 34%, el TC aumentó a 47% y el TNC se redujo a 19%.

Al comparar estos resultados con los obtenidos a nivel nacional por Carrera y Paredes (2021) quienes reportaron una mejora en el TP de 21%, mientras que TC mejoró un 30% y el TNC mejoró un 49%; así mismo sucede con lo reportado por Gilacopa y Colque (2020) quienes obtuvieron mejora en la productividad (TP) del 30,10%, en el TC de 45,07%, y en el TNC de 24,83%; también Marino y Marino (2021) reportaron mejoras en el TP de 62.5%, TC de 25% y TNC en un 12.5%, finalmente Mengoa y Tuny (2021) reportaron mejora en la productividad con un aumento del TP de 39%, un aumento del TC de 42%, una mejora del 19% en el TNC.

A nivel internacional, Bajjou, & Chafi (2020) reportaron después de la aplicación de LC que la productividad mejoró un 41% en relación a los procesos y 14% en relación a la eficiencia de proceso, mientras que los ciclos de duración se redujeron un 17%. Por otro lado Martínez et al., (2019) reportaron la reducción de 25% en el inventario de encofrados y una reducción del tiempo necesario para montar la estructura de una casa de 7 a 3 días. Mientras que Jiang et al. (2019) reportó una reducción de los días de producción del 19,62%.

Todos estos resultados son similares a los obtenidos en la investigación, esto evidencia que la implementación de la herramienta Last Planner System (sistema del último planificado) de LC mejora los resultados de productividad, aumentando los tiempos productivos y contributivos y reduciendo el tiempo no contributivo.

Es importante resaltar que, las diferencias entre las mediciones de tiempos de trabajos medidos en la presente investigación tuvieron una significancia de 0,000, lo que demuestra que el cumplimiento del plan optimiza la eficiencia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda. Este resultados es similar al reportado por Mamani Zela (2021) quien obtuvo un aumento de la productividad, después de la aplicación de LPS como herramienta de LC, del 15,03% siendo este aumento significativo (sig. = 0.000).

En relación a la eficacia de la obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda, se evaluaron los costos de diferentes partidas antes y después de la implementación de LC observándose que la partida con mayor eficacia fue la losa de estacionamiento (97%) partiendo de un presupuesto meta de S/. 101.568,63 y el presupuesto real ejecutado fue igual a S/. 98.141,75; la segunda partida con mayor eficacia fue lasas macizas (96%) con un presupuesto meta de S/ 2.422.281,50 y un presupuesto real ejecutado igual a S/. 2.323.208,81; la partida que le sigue fue losa aligeradas (92%) con un presupuesto meta S/. 2.969.869,20 y un presupuesto real ejecutado igual a S/. 2.746.519,46, finalmente la partida con la menor eficacia fue varios con un presupuesto meta de S/. 64.943,69 y un presupuesto real de S/. 58.765,93. La eficacia del total de las partidas fue 94% con un presupuesto meta de S/. 5.558.663,02 y un presupuesto real S/. 5.226.635,94.

Al comparar estos resultados con lo reportado por diferentes autores como Martínez et al., (2019) quienes lograron una reducción del 20% en los costes de los equipos de encofrado; Jiang et al. (2019) quienes lograron un ahorro de 16%, además de la reducción del coste de la mano de obra en un 2,33% y la tasa total de ahorro de costes alcanzada fue de 2,88%; por otro lado, a nivel nacional Mamani Zela (2021) logró una mejora del costo de la mano de obra de 18,41% con una significativa igual a 0.000; y finalmente, Mengoa y Tuny (2021) lograron una mejora en los costos del 1.5%.

Todos los resultados anteriormente citados son similares a los obtenidos en la presente investigación, ya que los porcentajes de reducción oscilan entre 3% y 10% siendo estas diferencias significativas (0.000), mientras que los citados oscilan entre 2.33% y 20% encontrándose diferencias significativas en los reportados por Mamani Zela (2021).

CONCLUSIONES

1. La filosofía Lean Construction logró optimizar significativamente la productividad relacionada con los tiempos laborales y los costos reales de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.
2. El porcentaje del plan cumplido de las actividades semanales lograron optimizar significativamente la eficiencia en función al tiempo productivo, el tiempo contributivo y no contributivo en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.
3. El porcentaje semanal de producción enfocado en el metrado realizado logró optimizar significativamente la eficacia relacionada con los costos reales en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.

RECOMENDACIONES

1. Para aumentar la productividad de las obras de construcción de edificaciones multifamiliares se deben implementar otras herramientas de la filosofía Lean construction como 5S, justo a tiempo, canva entre otras.
2. Es recomendable realizar evaluar la eficiencia de los tiempos laborales en otros procesos de los proyectos de edificaciones multifamiliar, para así conocer como es el efecto del cumplimiento de las actividades semanales planificadas.
3. Es recomendable medir la eficacia tomando en cuenta otros parámetros como el metrado y el tiempo de trabajo en los proyectos de edificaciones multifamiliar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, S., Hossain, M. M., & Haq, I. (2020). Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 39(2), 368-406. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-04-2019-0037>
- Aigbavboa, C., Oke, A., & Momoti, T. (septiembre 2016). Drivers and barriers of lean construction practice in South African construction industry [conferencia]. *2016 International Conference on Innovative Production and Construction* (pp. 195-201).
- Arias Gonzáles, J. L. (2020). *Proyecto de tesis. Guía para la elaboración*. José Luis Arias Gonzáles.
- Arispe Alburqueque, C. M., Yangali Vicente, J. S., Guerrero Bejarano, M. A., Rivera Lozada de Bonilla, O., Acuña Gamboa, L. A., & Arellano Sacramento, C. (2020). *La investigación científica. Una aproximación para los estudios de posgrado*. Departamento de investigación y postgrado. Universidad internacional de Guayaquil.
- Awad, T., Guardiola, J., & Fraíz, D. (2021). Sustainable Construction: Improving Productivity through Lean Construction. *Sustainability*, 13(24), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su132413877>
- Ayalew, M. T., Dakhli, M. Z., & Lafhaj, Z. (2016). The future of lean construction in Ethiopian construction industry. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 5(2), 107-113. <https://acortar.link/ts31HU>
- Ayele, S., & Fayek, A. R. (2019). A framework for total productivity measurement of industrial construction projects. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 46(3), 195-206. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0020>
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2018). Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(4), 533-556. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0031>
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2020). Lean construction and simulation for performance improvement: a case study of reinforcement process. *International Journal of*

- Productivity and Performance Management*. 70(2), 459-487.
<https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2019-0309>
- Bajjou, M. S., Chafi, A., & Ennadi, A. (2019). Development of a conceptual framework of lean construction Principles: an input–output model. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 18(01), 1-34. 10.1142/S021968671950001X
- Braglia, M., Dallasega, P., & Marrazzini, L. (2020). Overall Construction Productivity: a new lean metric to identify construction losses and analyse their causes in Engineer-to-Order construction supply chains. *Production Planning & Control*, 1-18.
- Cámara Peruana de la Construcción [CAPACO]. (2022, 26 de enero). *Construcción habría caído 10.9% en último trimestre del 2021 y se contraería en 2022*.
<https://www.capeco.org/entrada-noticia/construccion-habria-caido-109-en-ultimo-trimestre-del-2021-y-se-contraeria-en-2022>
- Carrera Noriega, J. A., & Paredes Paredes, W. A. (2021). *Propuesta de aplicación del lean construction para mejorar la planificación y el control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural en la empresa Ripesa Perú EIRL-2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27709>
- CONCYTEC. (2020). *Guía práctica para la formulación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo (I+D)*.
http://www.untels.edu.pe/documentos/2020_09/2020.09.22_formuacionProyectos.pdf
- de Abreu, M. M., & Lordsleem Jr, A. C. (2019). Aluminum formwork system: loss and productivity. *Built Environment Project and Asset Management*, 9(5), 616-627.
<https://doi.org/10.1108/BEPAM-04-2018-0070>
- de Solminihaç, H., y Thenoux, G. (2017). *Procesos y técnicas de construcción*. (7ma ed). Ediciones Universidad Católica de Chile
- Demirkesen, S., & Bayhan, H. G. (2020). A lean implementation success model for the construction industry. *Engineering Management Journal*, 32(3), 219-239.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1764834>
- Díaz Rodríguez, M. (2019). *Estadística inferencial aplicada*. Editorial Universidad del norte.
- Erol, H., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2017). Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: A simulation-based study on

- residential buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(2), 241-251. <https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1068846>
- Fauzan, M., & Sunindijo, R. Y. (20-21 agosto 2021). Lean construction and project performance in the Australian construction industry [conferencia]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Surabaya, Indonesia. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/907/1/012024/meta>
- Galindo, M., y Ríos, V. (2015). Productividad. *Serie de Estudios Económicos*, 1 (1), 1-9. https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508_mexicoproductivity.pdf.
- Gilacopa Banegas, A. E., & Colque Colque, R. (2020). *Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la ciudad de Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1563>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C. V.
- Jiang, L., Zhong, H., Chen, J., Su, Z., Zhang, J., & Wang, X. (, 3-5 July 2019). Lean construction practice: culture, standardization and informatization—a case from China [conferencia]. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Dublin, Ireland. <http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/37506/>
- Mamani Zela, T. R. (2021). *Aplicación de herramientas Lean Construction para el mejoramiento de productividad en proyectos de saneamiento básico rural ejecutados por la empresa SICMA SAC en la región de Puno durante los periodos 2017-2019* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4326>
- Martínez, E., Reid, C. K., & Tommelein, I. D. (2019). Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America. *Construction Innovation*, 19(4), 570-593. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2019-0015>
- Mengo Flores, O., & Tuny Malaga, N. L. (2021). *Mejora de la productividad con la aplicación de Lean Construction en la etapa de ejecución del proyecto Hotel IBIS-Miraflores, Lima, Perú 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15152>
- Mohammadi, A., Igwe, C., Amador-Jimenez, L., & Nasiri, F. (2020). Applying lean construction principles in road maintenance planning and

- scheduling. *International journal of construction management*, 1-11.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1788758>
- Muñoz Pérez, S. P., Chinchay Ramírez, B. P., & González Martínez, A. D. R. (2021). Beneficios de la aplicación de Lean Construction en la industria de la construcción: 35-46. *Revista Cubana de Ingeniería*, 12(1).
<https://acortar.link/uMgvis>
- Neeraj, A., Rybkowski, Z., Fernandez-Solis, J. L., Hill, R., Tsao, C., Seed, B., & Heinemeier, D. (2016). Framework linking lean simulation principles to their application on construction projects [conferencia]. *Proceedings 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, MA* (pp. 3-12).
- Omran, A., & Abdulrahim, A. (2015). Barriers to prioritizing Lean construction in the Libyan construction industry. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 8(1), 53. <https://acta.fih.upt.ro/pdf/2015-1/ACTA-2015-1-09.pdf>
- Pérez Gómez Martínez, G. J., Del Toro Botello, H. Y., & López Montelongo, A. M. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 110-121.
- Sandoval, C. M., & Arce, A. M. (2014). La Medición de la Productividad del Valor Agregado: una aplicación empírica en una cooperativa agroalimentaria de Costa Rica. *Tec empresarial*, 8(2), 41-49. <https://doi.org/10.18845/te.v8i2.1988>
- Schimanski, C. P., Marcher, C., Monizza, G. P., & Matt, D. T. (2020). The Last Planner® System and Building Information Modeling in construction execution: From an integrative review to a conceptual model for integration. *Applied Sciences*, 10(3), 1-29. <https://doi.org/10.3390/app10030821>
- Venkatesh, P. K., & Venkatesan, V. (2021). Experiences from the implementation of last planner system® in construction projects. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences (IJEMS)*, 28(2), 125-141.
<http://op.niscair.res.in/index.php/IJEMS/article/view/44856>
- Verán-Leigh, D., & Brioso, X. (14-17 julio, 2021). Implementation of lean construction as a solution for the covid-19 impacts in residential construction projects in Lima, Peru [conferencia]. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC29)*, Lima, Perú. <https://acortar.link/hw6Wfq>

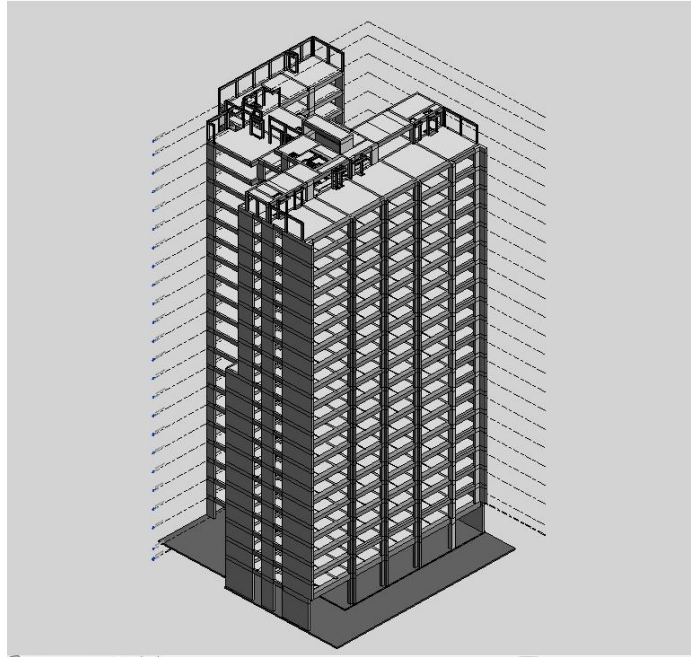
Yu, Y., Gao, S., & Oraee, M. (2021). Development of A Framework for Successful Last Planner System Implementation: A Systematic Review [conferencial]. Proceedings of the 44th AUBEA Conference, Deakin University. <https://minerva-access.unimelb.edu.au/handle/11343/29058>

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Título: implementación de Lean Construction para la optimización de la productividad de una obra de losa prefabricada en proyecto multifamiliar Lavanda-2022.				
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		
¿En qué medida la implementación de Lean Construction optimiza la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda?	Implementar Lean Construction para optimizar la productividad de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda	El Lean construction optimiza significativamente la productividad en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.	Variable independiente: Lean construction	Tipo, nivel y diseño de investigación Aplicada , Explicativo, Pre experimental y cuantitativo.
			Variable dependiente Productividad	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Población Todas las actividades constructiva de la obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda
1. ¿ En qué medida el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda? 2. ¿En qué medida el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda?	1. Evaluar cómo el porcentaje del plan cumplido optimiza la eficiencia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda. 2. Demostrar cómo el porcentaje semanal de producción optimiza la eficacia de una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.	1. El Porcentaje del plan cumplido optimiza significativamente la eficiencia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda 2. El porcentaje semanal de producción optimiza significativamente la eficacia en una obra de losa prefabricada en el proyecto multifamiliar Lavanda.		Muestra La muestra estuvo constituida por toda la población.
				Técnica e instrumento de recolección de datos Observación directa y análisis documental Fichas de registro
				Técnica de procesamiento y análisis de datos Estadísticas descriptivas e inferencial Sistema de tabulación Gráficos de barras.

Anexo N° 2. Diseño estructural del proyecto multifamiliar Lavanda-2022.



Anexo N° 3. Plan maestro

Proyecto: Lavanda Residente: Richard Castañeda Producción: Giancarlo Durand Fecha: Jueves, 02 de septiembre de 2021	Sem	Semana 32					Semana 33					Semana 34					Semana 35					Semana 36				
	Mes	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago	Sep	Sep	Sep	
	Fecha	02	03	04	05	06	09	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31	01	02	03
	Dia	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi
Obras provisionales																										
Obras provisionales																										
Oficina - almacén - SSHH - vestuario																										
Cerco																										
Modificación del cerco de obra para excavación																										
Modificación del cerco de obra para torre																										
Voladizo																										
Montaje de voladizo - eje 1										MV	MV	MV														
Montaje de voladizo - av. Arequipa													MV	MV	MV											
Oficina - almacén - SSHH - vestuario																										
Traslado de caseta oficina, etc.														T - OFICINA	T - OFICINA	T - OFICINA										
Ventas																										
Caseta de ventas																										
Traslado de caseta de ventas		T - VENTAS	T - VENTAS	T - VENTAS	T - VENTAS																					
Retiro de caseta de ventas																										
Protecciones colectivas																										
Instalación de estructura metálicas -mallas vecinos		V	V	V																						
Instalación de estructura metálicas - mallas torre																										
Movimiento de tierras																										
Excavación de sótanos																										
Anillo 1																										
Anillo 2										AN 2	AN 2	AN 2	AN 2	AN 2												
Anillo 3																									AN 3	AN 3
Retiro de excavadora																										
Muros anclados																										
Anclajes - fiesan																										
Primer ingreso																										
Perforación e inyección de cables		P AN 1	P AN 1																							
Tensado de cables				TC	TC	TC	TC	TC																		
Segundo ingreso																										
Perforación e inyección de cables														P AN 2	P AN 2	P AN 2	P AN 2	P AN 2								
Tensado de cables																		P AN 2	P AN 2	P AN 2				P AN 2	P AN 2	
Anillo n° 1																										
Trazo y replanteo de muro		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Corte de banqueta		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Perfilado de banqueta		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lecha de cemento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acero vertical		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
IIIE / IISS		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Colocación de Tecnopor para losas y vigas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Encofrado vertical		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Concreto en muro		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Picado de cachimba			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desencofrado de muro			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anillo n° 2																										
Trazo y replanteo de muro																							X	X	X	X
Corte de banqueta																							X	X	X	X
Perfilado de banqueta																							X	X	X	X
Lecha de cemento																							X	X	X	X
Acero vertical																							X	X	X	X
IIIE / IISS																							X	X	X	X
Colocación de Tecnopor para losas y vigas																							X	X	X	X
Encofrado vertical																							X	X	X	X
Concreto en muro																							X	X	X	X
Picado de cachimba																							X	X	X	X
Desencofrado de muro																							X	X	X	X

Proyecto:	Lavanda	Sem	Semana 37					Semana 38					Semana 39					Semana 40					Semana 41					Semana 42																																
Residente:	Richard Castañeda	Mes	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct																								
Producción:	Giancarlo Durand	Fecha	06	07	08	09	10	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	27	28	29	30	01	04	05	06	07	08	11	12	13	14	15																												
Fecha:	Jueves, 02 de septiembre de 2021	Dia	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi																												
Frente		Duración																																																										
	Movimiento de tierras																																																											
	Excavación de sótanos																																																											
	Anillo 1																																																											
	Anillo 2																																																											
	Anillo 3		AN 3	AN 3	AN 3																																																							
	Retiro de excavadora																										RETIRO																																	
	Muros anclados																																																											
	Anclajes - flesan																																																											
	Primer ingreso																																																											
	Perforación e inyección de cables																																																											
	Tensado de cables																																																											
	Segundo ingreso																																																											
	Perforación e inyección de cables																																																											
	Tensado de cables																																																											
	Anillo n° 1																																																											
	Trazo y replanteo de muro																																																											
	Corte de banqueta																																																											
	Perfilado de banqueta																																																											
	Lecha de cemento																																																											
	Acero vertical																																																											
	IIEE / IISS																																																											
	Colocación de Tecnopor para losas y vigas																																																											
	Encofrado vertical																																																											
	Concreto en muro																																																											
	Picado de cachimba																																																											
	Desencofrado de muro																																																											
	Anillo n° 2																																																											
	Trazo y replanteo de muro		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																									
	Corte de banqueta		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Perfilado de banqueta		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Lecha de cemento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Acero vertical		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	IIEE / IISS		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Colocación de Tecnopor para losas y vigas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Encofrado vertical		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Concreto en muro		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Picado de cachimba		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Desencofrado de muro		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Tensado de cables		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Anillo n° 3																																																											
	Trazo y replanteo de muro																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	Corte de banqueta																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Perfilado de banqueta																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Lecha de cemento																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Acero vertical																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	IIEE / IISS																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Colocación de Tecnopor para losas y vigas																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Encofrado vertical																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Concreto en muro																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Picado de cachimba																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Desencofrado de muro																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tensado de cables																										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Proyecto: Lavanda Residente: Richard Castañeda Producción: Giancarlo Durand Fecha: Jueves, 02 de septiembre de 2021	Sem	Semana 43					Semana 44					Semana 45					Semana 46					Semana 47					Semana 48					Semana 49					Semana 50								
	Mes	Oc t	Oc t	Oc t	Oc t	Oc t	Oc t	Oc t	Oc t	Oc t	Oc t	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v	No v				
	Fecha	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	01	02	03	04	05	08	09	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	01	02	03	06	07	08	09	10				
	Dia	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju
Estructuras																																													
Zapata																																													
	Trazo y replanteo de muro	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																			
	Excavación	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																		
	Perfilado	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																	
	Solado / falsa zapata	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																	
	Acero	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																
	Encofrado	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																
	Concreto	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																
	Desencofrado	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																															
Cisterna																																													
	Compactación de terreno											S4-1	S4-2																																
	Solado de h=5 cm											S4-1	S4-2																																
	Trazo y replanteo											S4-1	S4-1	S4-2	S4-2																														
	Colocación de acero en losa de piso											S4-1	S4-1	S4-2	S4-2																														
	Acero en verticales											S4-1	S4-1	S4-1	S4-2	S4-2	S4-2																												
	IISS / IIEE											S4-1	S4-1	S4-2	S4-2																														
	Encofrado de verticales											S4-1	S4-1	S4-1	S4-1	S4-2	S4-2	S4-2																											
	Concreto en verticales											S4-1																																	
	Desencofrado											S4-1	S4-2																																
	Encofrado de fondo de techo											S4-1	S4-2																																
	Instalación de prelosas											S4-1	S4-2																																
	Colocación de acero en losa de techo											S4-1	S4-2	S4-2	S4-2	S4-2	S4-2																												
	Concreto en losa de techo											S4-1	S4-2	S4-2	S4-2	S4-2																													
	Relleno compactado											S4-1	S4-1	S4-1	S4-1	S4-2	S4-3																												

Proyecto: Lavanda	Sem	Semana 50				Semana 51				Semana 52				Semana 53				Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4											
Residente: Richard Castañeda	Mes	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene					
Producción: Giancarlo Durand	Fecha	06	07	08	09	10	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	27	28	29	30	31	03	04	05	06	07	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28
Fecha: Jueves, 02 de septiembre de 2021	Dia	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi
Sótano																																									
Verticales																																									
Trazo y replanteo					S3-1	S3-1							S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4																	
Acero vertical					S3-1	S3-1							S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4													
IIEE // IISS					S3-1	S3-1							S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4													
Encofrado vertical					S3-1	S3-1							S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4									
Concreto vertical								S3-1					S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4									
Desencofrado vertical								S3-1					S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4					
Horizontales																																									
Encofrado de fondo de vigas												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
Acero de vigas												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
Encofrado de losa												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
Instalación de prelosas												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4				
Acero de losas												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
IIEE // IISS // digital												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
Prueba de estanqueidad (12 h)												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
Encofrado de frisos // remates												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4				
Prueba de presión de agua (2 h)												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
Concreto horizontal												S3-1	S3-1	S3-2	S3-2	S3-3	S3-4	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4												
Desencofrado - parcial & reapuntamiento																																									
Desencofrado - total																																									

Proyecto: **Lavanda**
 Residente: **Richard Castañeda**
 Producción: **Giancarlo Durand**
 Fecha: **Jueves, 02 de septiembre de 2021**

# sem	Semana 11					Semana 12					Semana 13					Semana 14					Semana 15					Semana 16					Semana 17					
Mes	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr
Fecha	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31	01	04	05	06	07	08	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	
Día	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	
Torre																																				
Verticales																																				
Trazo y replanteo	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																		
Acero vertical	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																		
IIEE // IISS // digital	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																		
Encofrado vertical	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																	
Concreto vertical	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																	
Desencofrado vertical	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																
Horizontales																																				
Encofrado de fondo de vigas	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																	
Acero de vigas	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																	
Encofrado de losa	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																
Instalación de prelosas	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																
Acero de losas	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																
IIEE // IISS // digital	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																
Prueba de estanqueidad (12 h)	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																
Encofrado de frisos // remates	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3															
Prueba de presión de agua (2 h)	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3															
Concreto horizontal	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3															
Desencofrado - parcial & reapuntalamiento	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3			P21-1	P21-2	P21-3								
Desencofrado - total losa y vigas	P12-1	P12-2	P12-3	P13-1	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2			P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3				

Proyecto:	Lavanda	Sem	Semana 16											Semana 17					Semana 18					Semana 19					Semana 20					Semana 21					Semana 22					Semana 23					Semana 24					Semana 25					
			Me s											Me s					Me s					Me s					Me s					Me s					Me s					Me s															
			A br											A br					A br					A br					A br					A br					A br					A br					A br										
			18											19					20					21					22					23					24					25															
Residente:	Richard Castañeda	Fec ha	Lu											Ma					Mi					Ju					Vi					Lu					Ma					Mi					Ju					Vi					
			18											19					20					21					22					23					24					25															
Producción:	Giancarlo Durand	Dia	Lu											Ma					Mi					Ju					Vi					Lu					Ma					Mi					Ju					Vi					
Fecha:	Jueves, 02 de septiembre de 2021		Lu	Ma											Mi					Ju					Vi					Lu					Ma					Mi					Ju					Vi									
Acabados húmedos																																																											
Torre																																																											
Acabado húmedo - casco																																																											
	Limpieza post vaciado	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2																																																		
	Trazo y replanteo pre tarrajeo	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2																																																		
	Picoteo previo a tarrajeo/ aplicación de imprimante	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2																																																	
	Fijación de puntos	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2																																																		
	Tarrajeo de muros // columnas	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2																																																		
	Andamios // puntos // preparación de superficie	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																																	
	Tarrajeo de vigas	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																																	
	Retiro andamios, // puntos // preparación de superficie	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																																
	Solaqueo de cielo raso	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																																
Tabiquería																																																											
	Limpieza // trazo // preparación superficie	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																															
	IIEE/gas	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																															
	IISS	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																															
	Trazo pre - tabiquería	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2																																															
	Anclaje de acero	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2																																										
	Asentado de muro	Piso 12				Piso 14							Piso 16					Piso 18					Piso 20																																				
	Dinteles	Piso 13				Piso 15							Piso 17					Piso 19					Piso 21																																				
		Piso 12				Piso 14							Piso 16					Piso 18					Piso 20																																				
		Piso 13				Piso 15							Piso 17					Piso 19					Piso 21																																				

Proyecto: Lavanda	se	Semana 14					Semana 15					Semana 16					Semana 17					Semana 18					Semana 19					Semana 20					Semana 21					Semana 22					Semana 23					Semana 24				
	Me	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A					
	s	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br	br					
	ha	04	05	06	07	08	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	02	03	04	05	06	09	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	31	01	02	03	06	07	08	09	10	13	14	15	16	17
Fecha: Jueves, 02 de septiembre de 2021	Dia	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi
Acabados secos																																																								
Torre - departamentos																																																								
Papel mural: limpieza e imprimación de muros		P2-1	P2-2	P2-3	P3-1	P3-2	P3-3	P4-1	P4-2								P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3					
Papel mural: empaste grueso (1 era mano)			P2-1	P2-2	P2-3	P3-1	P3-2	P3-3	P4-1				P4-2	P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3					
Papel mural: empaste grueso (2 da mano)				P2-1	P2-2	P2-3	P3-1	P3-2	P3-3				P4-1	P4-2	P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3				
Pintura: lijado // imprimante en muros & techos					P2-1	P2-2	P2-3	P3-1	P3-2				P3-3	P4-1	P4-2	P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3			
Puertas: instalación de marcos, hojas y chapas								P2-1	P2-2								P2-3	P3-1	P3-2	P3-3	P4-1	P4-2	P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3					
Puertas: 1 era mano de pintura en marcos y hojas																	P2-1	P2-2	P3-1	P3-2	P3-3	P4-1	P4-2	P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3				
Puertas: remasillado y lijado de marcos y hojas																	P2-1	P2-2	P3-1	P3-2	P3-3	P4-1	P4-2	P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3				
Puertas: 2 da mano de pintura en marcos y hojas																																																								
Revisión y levantamiento de observaciones en puertas																		P2-1	P2-2	P3-1	P3-2	P3-3	P4-1	P4-2	P4-3	P5-1	P5-2	P5-3	P6-1	P6-2	P6-3	P7-1	P7-2	P7-3	P8-1	P8-2	P8-3	P9-1	P9-2	P9-3	P1-0	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3	P1-1	P1-2	P1-3
Puertas: colocación de chapas de puertas																																																								
Puertas: forrado de puertas																																																								
Pintura: 1 era y 2 da mano de empaste grueso																																																								
Pintura: empaste fino																																																								
Pintura: lijado y sellado																																																								
Vidrios: instalación de marcos																																																								
Vidrios: instalación de vidrios																																																								

Proyecto: Lavanda	# sem	Semana 36					Semana 37					Semana 38					Semana 39					Semana 40					Semana 41					Semana 42												
Residente: Richard Castañeda	Mes	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct								
Producción: Giancarlo Durand	Fecha	05	06	07	08	09	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30	03	04	05	06	07	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21								
Fecha: Jueves, 02 de septiembre de 2021	Día	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi								
Acabados secos																																												
Torre - departamentos																																												
Closets: instalación de puertas de closets		P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																																
Pintura: remasillado de 1 era mano en muros y techos		P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																															
Pintura: 2 da mano de pintura (látex)		P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																														
Piso: instalación de laminado		P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																													
Piso: instalación de contrazócalo y tapajuntas		P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																												
Piso: instalación de tope puertas		P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																											
Puertas: sellado		P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																										
liece: instalación de terma		P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																									
Limpieza gruesa		P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																								
1 era entrega de dptos.		P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																							
Levantamiento de observaciones 1		P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3																						
Limpieza semi fina		P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																						
2 da entrega de dptos.		P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																					
Levantamiento de observaciones 2		P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3																				
Limpieza fina		P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3														
Entrega fina		P12-2	P12-3	P13-1	P13-2	P13-3	P14-1	P14-2	P14-3	P15-1	P15-2	P15-3	P16-1	P16-2	P16-3	P17-1	P17-2	P17-3	P18-1	P18-2	P18-3	P19-1	P19-2	P19-3	P20-1	P20-2	P20-3	P21-1	P21-2	P21-3	P1-1	P1-2	P1-3											

Anexo N° 4. Porcentaje semanal de producción por actividad

	Actividades	Unidad	Metrado planeado	Metrado realizado	Metrado por realizar	PSP (%)
Semana 10	Encofrado vertical	m ²	259,25	233,00	26,25	90%
	Concreto vertical	m ³	32,25	32,25	0,00	100%
	Desencofrado vertical	m ²	148,75	123,00	25,75	83%
	Encofrado de fondo de vigas	m ²	155,70	155,70	0,00	100%
	Acero de vigas	kg	20000,00	20000,00	0,00	100%
	Encofrado de losa	m ²	52,75	50,00	2,75	95%
	Instalación de prelosas	m ²	628,20	628,20	0,00	100%
	Acero de losas	kg	5000,00	4500,00	500,00	90%
	Concreto horizontal	m ³	162,50	162,50	0,00	100%
Semana 11	Encofrado vertical	m ²	259,25	259,25	0,00	100%
	Concreto vertical	m ³	32,25	32,25	0,00	100%
	Desencofrado vertical	m ²	148,75	130,00	18,75	87%
	Encofrado de fondo de vigas	m ²	155,70	150,00	5,70	96%
	Acero de vigas	kg	20000,00	19500,00	500,00	98%
	Encofrado de losa	m ²	52,75	52,75	0,00	100%
	Instalación de prelosas	m ²	628,20	628,20	0,00	100%
	Acero de losas	kg	5000,00	4700,00	300,00	94%
	Concreto horizontal	m ³	162,50	162,50	0,00	100%
Semana 12	Encofrado vertical	m ²	259,25	259,25	0,00	100%
	Concreto vertical	m ³	32,25	32,25	0,00	100%
	Desencofrado vertical	m ²	148,75	140,00	8,75	94%
	Encofrado de fondo de vigas	m ²	155,70	155,70	0,00	100%
	Acero de vigas	kg	20000,00	20000,00	0,00	100%

	Encofrado de losa	m ²	52,75	50,00	2,75	95%
	Instalación de prelosas	m ²	628,20	600,00	28,20	96%
	Acero de losas	kg	5000,00	4800,00	200,00	96%
	Concreto horizontal	m ³	162,50	162,50	0,00	100%
Semana 13	Encofrado vertical	m ²	259,25	230,00	29,25	89%
	Concreto vertical	m ³	32,25	32,25	0,00	100%
	Desencofrado vertical	m ²	148,75	148,75	0,00	100%
	Encofrado de fondo de vigas	m ²	155,70	155,70	0,00	100%
	Acero de vigas	kg	20000,00	20000,00	0,00	100%
	Encofrado de losa	m ²	52,75	52,75	0,00	100%
	Instalación de prelosas	m ²	628,20	600,00	28,20	96%
	Acero de losas	kg	5000,00	5000,00	0,00	100%
	Concreto horizontal	m ³	162,50	162,50	0,00	100%
	Semana 14	Encofrado vertical	m ²	155,55	155,55	0,00
Concreto vertical		m ³	19,35	19,35	0,00	100%
Desencofrado vertical		m ²	89,25	80,00	9,25	90%
Encofrado de fondo de vigas		m ²	124,56	120,00	4,56	96%
Acero de vigas		kg	16000,00	15000,00	1000,00	94%
Encofrado de losa		m ²	52,75	50,00	2,75	95%
Instalación de prelosas		m ²	628,20	628,20	0,00	100%
Acero de losas		kg	5000,00	5000,00	0,00	100%
Concreto horizontal		m ³	162,50	162,50	0,00	100%

Anexo N° 5. Modelo de ficha de registro de clasificación de plazos de trabajo

Clasificación de los tiempos de trabajo								
Obra	Losa prefabricada en proyecto multifamiliar Lavanda							
	Tiempos antes de aplicar LC				Tiempo después de aplicar LC			
Muestra	Productivo	Contributivo	No contributivo	Total	Productivo	Contributivo	No contributivo	Total
1	156,00	239,00	175,00	570,00	185,00	265,00	120,00	570,00
2	141,00	240,00	189,00	570,00	199,00	266,00	105,00	570,00
3	193,00	237,00	140,00	570,00	188,00	267,00	115,00	570,00
4	147,00	226,00	197,00	570,00	193,00	267,00	110,00	570,00
5	154,00	228,00	188,00	570,00	198,00	265,00	107,00	570,00
6	151,00	232,00	187,00	570,00	198,00	262,00	110,00	570,00
7	166,00	232,00	172,00	570,00	186,00	283,00	101,00	570,00
8	155,00	240,00	175,00	570,00	192,00	283,00	95,00	570,00
9	144,00	231,00	195,00	570,00	189,00	261,00	120,00	570,00
10	161,00	226,00	183,00	570,00	191,00	266,00	113,00	570,00
11	128,00	227,00	145,00	500,00	183,00	273,00	114,00	570,00
12	160,00	233,00	177,00	570,00	198,00	269,00	103,00	570,00
13	138,00	231,00	201,00	570,00	195,00	277,00	98,00	570,00
14	152,00	232,00	186,00	570,00	173,00	280,00	117,00	570,00
15	172,00	225,00	173,00	570,00	170,00	287,00	113,00	570,00
16	151,00	235,00	184,00	570,00	193,00	244,00	133,00	570,00
17	146,00	233,00	191,00	570,00	224,00	257,00	89,00	570,00
18	151,00	234,00	185,00	570,00	206,00	250,00	114,00	570,00
19	139,00	229,00	202,00	570,00	207,00	250,00	113,00	570,00
20	187,00	235,00	148,00	570,00	195,00	283,00	92,00	570,00

21	158,00	231,00	181,00	570,00	197,00	264,00	109,00	570,00
22	156,00	238,00	176,00	570,00	194,00	266,00	110,00	570,00
23	149,00	226,00	195,00	570,00	184,00	273,00	113,00	570,00
24	148,00	238,00	184,00	570,00	189,00	270,00	111,00	570,00
25	158,00	236,00	176,00	570,00	199,00	280,00	91,00	570,00
Promedio	154,44	232,56	180,20	570,00	193,04	268,32	108,64	570

Anexo N° 6. Presupuesto estimado

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)	Mano de Obra (S/)	Material (S/)	Equipo (S/)	Subcontrato (S/)	Meta (S/)
01.02.03	LOSA DE ESTACIONAMIENTO				50.783,67	8.872,12	33.228,07	3.512,72	5.172,05	101.568,63
01.02.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO PARA LOSA DE ESTACIONAMIENTO	m ³	114,96	294,67	33.875,26	4.032,15	25.952,22	148,57	3.741,95	68.044,82
01.02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA DE PISO	m ²	37,50	29,14	1.092,75	776,11	67,99	23,29	225,00	2.214,28
01.02.03.03	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	1.469,63	4,04	5.937,31		4.729,42		1.205,10	11.875,87
01.02.03.04	JUNTA DE AISLAMIENTO CON ESTRUCTURA PERIMÉTRICA (J-3)	ml	268,98	5,78	1.554,70	1.064,69	457,72	31,95		3.114,84
01.02.03.05	JUNTA ALREDEDOR DE COLUMNAS (J-1)	ml	75,00	10,75	806,25	296,87	500,08	8,91		1.622,86
01.02.03.06	JUNTA DE CONTRACCIÓN (J-2)	ml	660,00	11,39	7.517,40	2.702,30	1.520,64	3.300,00		15.051,73
01.03.08	LOSAS MACIZAS				1.211.378,68	174.878,13	616.193,87	40.656,47	379.174,35	2.422.281,50
01.03.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =350 kg/cm ² EN LOSAS MACIZAS	m ³	263,02	341,10	89.716,12	6.467,26	74.290,00	394,53	8.561,30	179.770,31
01.03.08.02	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ² EN LOSAS MACIZAS	m ³	169,92	314,85	53.499,31	4.178,06	43.533,50	254,88	5.530,90	107.311,50
01.03.08.03	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² EN LOSAS MACIZAS	m ³	385,55	288,60	111.269,73	9.480,08	88.657,22	578,33	12.549,65	222.823,61
01.03.08.04	ACABADO DE LOSAS	m ²	5.493,96	3,23	17.745,49	16.458,81		1.252,62		35.460,15
01.03.08.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSAS MACIZAS	m ²	4.962,14	29,27	145.241,84	96.674,87	26.091,00		22.478,49	290.515,47
01.03.08.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSAS MACIZAS A DOBLE ALTURA	m ²	531,82	38,74	20.602,71	10.361,18	2.796,30		7.445,48	41.244,41
01.03.08.07	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	105.829,64	4,32	457.184,04		369.938,08		86.780,30	913.906,74
01.03.08.08	PRELOSAS LOSA MACIZA	m ²	5.493,96	54,17	297.607,81	24.067,93		37.688,57	235.828,23	595.246,71
01.03.08.09	PUENTE DE ADHERENCIA	m ²	5.493,96	1,70	9.339,73	3.839,62	5.559,71	0,00		18.740,76
01.03.08.10	EPÓXIDO EN UNIÓN ENTRE LOSAS DE TECHO DE SÓTANOS Y MUROS PANTALLA	ml	387,00	12,23	4.733,01	490,30	4.226,04	14,74		9.476,32
01.03.08.11	RETIRO DE TECNOPOR Y ESCARIFICADO EN UNIÓN ENTRE LOSAS Y MUROS PANTALLA	ml	387,00	7,02	2.716,74	2.258,54		454,80		5.437,10
01.03.08.12	TECNOPOR PARA LOSAS ENTRE LOSAS DE TECHO DE SÓTANOS Y MUROS PANTALLA	ml	387,00	4,45	1.722,15	601,48	1.102,02	18,00		3.448,10
01.03.09	LOSAS ALIGERADAS				1.485.023,18	231.060,18	635.614,63	5.881,91	612.289,30	2.969.869,20
01.03.09.01	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =350 kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	301,24	335,54	101.078,07	5.832,92	85.085,24	355,70	9.805,36	202.492,83
01.03.09.02	CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	119,46	309,29	36.947,78	2.313,11	30.605,65	141,06	3.888,42	74.205,31

01.03.09.03	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ PARA LOSAS ALIGERADAS	m ³	188,26	288,60	54.331,84	4.629,02	43290,39	282,39	6.127,86	108950,1
01.03.09.04	ACABADO DE LOSAS	m ²	5.903,60	3,23	19.068,63	17.686,00		1.346,02		38.103,88
01.03.09.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	5.494,96	33,17	182.267,82	128.471,47	28.892,58		24.892,17	364.557,21
01.03.09.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS DOBLE ALTURA	m ²	408,64	62,68	25.613,56	17.228,62	2.148,63	516,85	5.720,96	51.291,30
01.03.09.07	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60	kg	67.111,36	4,32	289.921,08		234.594,47		55.031,32	579.551,19
01.03.09.08	PRELOSAS ALIGERADAS 20 CM	m ²	9.092,85	61,57	559.846,77	29.388,09	137.674,84	2.495,08	390.310,59	1.119.776,94
01.03.09.09	PRELOSAS ALIGERADAS 25 M	m ²	2.714,33	72,42	196.571,78	17.545,43	61.789,01	744,81	116.512,62	393.236,07
01.03.09.10	PUENTE DE ADHERENCIA	m ²	11.397,56	1,70	19.375,85	7.965,52	11.533,82	0,00		38.876,89
01.03.13	VARIOS		33.845,49	0,96	32.491,67	24.707,21	7.743,85			64.943,69
01.03.13.01	CURADO DE SUPERFICIES DE CONCRETO	m ²	33.845,49	0,96	32.491,67	24.707,21	7.743,85			64.943,69

Anexo N° 7. Presupuesto real

Ítem	Descripción	Precio (S/)	Parcial (S/)	Mano de Obra (S/)	Material (S/)	Equipo (S/)	Subcontrato (S/)	Costo total	Eficacia
01.02.03	LOSA DE ESTACIONAMIENTO		50.783,67	6.448,23	33.228,07	3.512,72	4.169,06	98.141,75	97
01.02.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO PARA LOSA DE ESTACIONAMIENTO	294,67	33.875,26	3.024,11	25.952,22	148,57	2.806,46	65.806,63	97
01.02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA DE PISO	29,14	1.092,75	543,28	67,99	23,29	157,50	1.884,81	85
01.02.03.03	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	4,04	5.937,31		4.729,42		1.205,10	11.871,83	100
01.02.03.04	JUNTA DE AISLAMIENTO CON ESTRUCTURA PERIMÉTRICA (J-3)	5,78	1.554,70	766,58	457,72	31,95		2.810,95	90
01.02.03.05	JUNTA ALREDEDOR DE COLUMNAS (J-1)	10,75	806,25	222,65	500,08	8,91		1.537,89	95
01.02.03.06	JUNTA DE CONTRACCIÓN (J-2)	11,39	7.517,40	1.891,61	1.520,64	3.300,00		14.229,65	95
01.03.08	LOSAS MACIZAS		1.211.378,68	118.809,27	616.193,87	40.656,47	336.170,51	2.323.208,81	96
01.03.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=350 kg/cm ² EN LOSAS MACIZAS	341,10	89.716,12	4.850,45	74.290,00	394,53	5.992,91	175.244,01	97
01.03.08.02	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280 kg/cm ² EN LOSAS MACIZAS	314,85	53.499,31	3.133,55	43.533,50	254,88	3.871,63	104.292,87	97
01.03.08.03	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm ² EN LOSAS MACIZAS	288,60	111.269,73	7.110,06	88.657,22	578,33	8.784,76	216.400,10	97
01.03.08.04	ACABADO DE LOSAS	3,23	17.745,49	11.521,17		1.252,62		30.519,28	86
01.03.08.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSAS MACIZAS	29,27	145.241,84	62.838,67	26.091,00		15.734,94	249.906,45	86
01.03.08.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSAS MACIZAS A DOBLE ALTURA	38,74	20.602,71	7.252,83	2.796,30		5.211,84	35.863,67	87
01.03.08.07	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ² GRADO 60	4,32	457.184,04		369.938,08		60.746,21	887.868,33	97
01.03.08.08	PRELOSAS LOSA MACIZA	54,17	297.607,81	16.847,55		37.688,57	235.828,23	587.972,16	99
01.03.08.09	PUENTE DE ADHERENCIA	1,70	9.339,73	2.879,72	5.559,71	0,00		17.779,16	95
01.03.08.10	EPÓXIDO EN UNIÓN ENTRE LOSAS DE TECHO DE SÓTANOS Y MUROS PANTALLA	12,23	4.733,01	343,21	4.226,04	14,74		9.317,00	98
01.03.08.11	RETIRO DE TECNOPOR Y ESCARIFICADO EN UNIÓN ENTRE LOSAS Y MUROS PANTALLA	7,02	2.716,74	1.580,98		454,80		4.752,52	87
01.03.08.12	TECNOPOR PARA LOSAS ENTRE LOSAS DE TECHO DE SÓTANOS Y MUROS PANTALLA	4,45	1.722,15	451,11	1.102,02	18,00		3.293,28	96
01.03.09	LOSAS ALIGERADAS		1.485.023,18	165.371,38	635.614,63	5.881,91	454.628,36	2.746.519,46	92
01.03.09.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=350 kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS	335,54	101.078,07	4.083,04	85.085,24	355,70	7.354,02	197.956,07	98

01.03.09.02	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=280$ kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS	309,29	36.947,78	1.619,18	30.605,65	141,06	2.916,32	72.229,98	97
01.03.09.03	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS	288,60	54.331,84	3.240,31	43.290,39	282,39	4.289,50	105.434,44	97
01.03.09.04	ACABADO DE LOSAS	3,23	19.068,63	13.264,50		1.346,02		33.679,15	88
01.03.09.05	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	33,17	182.267,82	89.930,03	28.892,58		17.424,52	318.514,95	87
01.03.09.06	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS DOBLE ALTURA	62,68	25.613,56	12.060,03	2.148,63	516,85	4.004,67	44.343,75	86
01.03.09.07	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60	4,32	289.921,08		234.594,47		38.521,92	563.037,47	97
01.03.09.08	PRELOSAS ALIGERADAS 20 CM	61,57	559.846,77	22.041,07	137.674,84	2.495,08	292.732,94	1.014.790,70	91
01.03.09.09	PRELOSAS ALIGERADAS 25 M	72,42	196.571,78	13.159,07	61.789,01	744,81	87.384,47	359.649,14	91
01.03.09.10	PUENTE DE ADHERENCIA	1,70	19.375,85	5.974,14	11.533,82	0,00		36.883,81	95
01.03.13	VARIOS	0,96	32.491,67	18.530,41	7.743,85			58.765,93	90
01.03.13.01	CURADO DE SUPERFICIES DE CONCRETO	0,96	32.491,67	18.530,41	7.743,85			58.765,93	90

Anexo N° 8. Carta de autorización



AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN



Por el presente autorizamos a los tesisistas. **DIEGO ALONSO LEYVA SALAZAR**, identificado con **DNI: 73241878**; **CARLOS ALBERTO QUISPE RIVAS**, identificado con **DNI: 74085687** a usar los datos del proyecto Lavanda 2022, ejecutada y financiada por la empresa **Corporación Inmobiliaria Nermar Sac** con **RUC N° - 20600245393**

Extendemos el presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Atentamente,



Jose Luis Toratto Fernández
Gerente General

Lima, 20 de enero de 2022.

Calle Enrique Palacios 360 Int. 105, Miraflores, Lima 18 – Perú T. (511) 571.7001