



UNIVERSIDAD
MAYOR

para espíritus emprendedores

Facultad de Ciencias

**CONSTRUCCIÓN
CIVIL**

**ANÁLISIS DE APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION EN
CHILE**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiantes:
Arturo Alejandro Oteíza Estay

Profesor Guía:
Tomas Enrique Braniff Jaime

Septiembre 2023
Santiago, Chile

Índice

<u>1</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
1.1	CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3	IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4.1	OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
<u>2</u>	<u>ANTECEDENTES DEL PROYECTO</u>	<u>5</u>
2.1	ANTECEDENTES GENERALES SOBRE CONSTRUCCIÓN EN CHILE	5
2.1.1	INNOVACIONES Y TENDENCIAS EN LA INDUSTRIA	6
2.1.2	DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL SECTOR	6
2.1.3	FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE	7
<u>3</u>	<u>METODOLOGÍA</u>	<u>9</u>
3.1	MARCO TEÓRICO	9
3.1.1	ORIGEN	9
3.1.2	TOYOTA PRODUCTION SYSTEM	9
3.1.3	PRINCIPIOS Y HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION	11
3.1.4	LARGO PLAZO	11
3.1.5	FLUJO CONTINUO	13
3.1.6	FLUJO DE VALOR	15
3.1.7	PULL	16
3.1.8	JUST IN TIME	17
3.1.9	HEIJUNKA	18
3.1.10	JIDOKA	20
3.1.11	KAIZEN	21
3.1.12	GESTOR VISUAL	22
3.1.13	GEMBA WALK	23
3.1.14	DIAGRAMA ISHIKAWA	24
3.1.15	A3	25
3.1.16	5´S	26
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
<u>4</u>	<u>ANÁLISIS A EMPRESA SOCOVESA</u>	<u>30</u>
4.1	HISTORIA	30

4.2	PRINCIPIOS DE IMPLEMENTACIÓN LEAN CONSTRUCTION.	31
4.3	PLANIFICACIÓN DE PROYECTO CON ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION.	32
4.3.1	ETAPA PRELIMINAR - REUNIÓN PSP (PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN)	33
4.3.2	ETAPA 0 – LÍNEA DE BALANCE (LOB)	33
4.3.3	ETAPA 1 – LAYOUT INICIAL	34
4.3.4	ETAPA 2 - SECUENCIA CONSTRUCTIVA 0	34
4.3.5	PLAN DE OBRA GRUESA	35
4.3.6	PLAN DE TERMINACIONES	36
4.3.7	REUNIÓN PI (PLANIFICACIÓN INTERMEDIA)	36
4.3.8	LA REUNIÓN PS (PLANIFICACIÓN SEMANAL)	37
4.4	CASO DE ESTUDIO	38
4.4.1	ANÁLISIS PREVIOS DE HERRAMIENTAS	38
4.4.2	CASO DE ESTUDIO I: WALKER MARTÍNEZ	39
4.4.3	CASO DE ESTUDIO II: JUAN MITJANS	52
4.4.4	CASO DE ESTUDIO III: PLAZA LA FLORIDA	64
4.4.5	CASO DE ESTUDIO IV: CONSISTORIAL	73
5	<u>CONCLUSIÓN</u>	<u>94</u>
5.1	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	94
5.2	RECOMENDACIONES	95
5.3	CONCLUSIÓN	96
6	<u>ENTREVISTAS</u>	<u>98</u>
6.1	ENTREVISTA A MARCUS STERZI	98
6.2	ENTREVISTA A DANIELA BERTIN	106
7	<u>GLOSARIO</u>	<u>111</u>
8	<u>TRABAJOS CITADOS</u>	<u>113</u>
9	<u>TABLA DE FIGURAS</u>	<u>115</u>

Agradecimientos

En este proyecto de título, quisiera expresar mi más profunda gratitud y aprecio a todos aquellos que estuvieron presentes en este significativo proceso. Compañeros, amigos, familiares y todos los que contribuyeron a hacer posible que este sueño se convirtiera en una realidad. A cada uno de ustedes, gracias por acompañarme y guiarme en esta maravillosa travesía.

Por otro lado, un agradecimiento especial y lleno de emoción a mis padres, Marcelo Pizarro y Marisol Estay. A pesar de todas las dificultades y desafíos que enfrentamos, siempre estuvieron ahí conmigo, brindándome su amor incondicional, apoyo constante y aliento en cada etapa de mi vida. Sus sacrificios y enseñanzas me han fortalecido y motivado a seguir adelante, y les estoy eternamente agradecido.

No podría olvidar agradecer a mi hijo Nicolás Oteiza, quien ha sido mi inspiración y razón para luchar y mejorar cada día. Gracias, hijo, por llenar mi vida de amor y alegría, y por enseñarme a ser una mejor persona. Tu presencia en mi vida es un regalo inestimable.

Este proyecto de título es también un tributo a la amistad y al compañerismo que compartí con mis colegas y amigos, quienes llenaron de alegría y risas los días difíciles y me brindaron su hombro para apoyarme en momentos de desánimo. A todos ustedes, gracias por ser parte de mi vida y por iluminar mi camino con su presencia.

Finalmente, quiero extender mi agradecimiento a todos aquellos que, de alguna manera u otra, influyeron en mi crecimiento académico y personal. A cada uno de ustedes, gracias por dejar una huella imborrable en mi corazón y por enseñarme que, con esfuerzo, dedicación y pasión, los sueños realmente pueden hacerse realidad.

Dedicatoria

A las generaciones venideras, que con pasión y determinación buscan dejar huella en el mundo: Que este proyecto sirva como testimonio de que los sueños, por más lejanos que parezcan, están al alcance de quienes se atreven a perseguirlos. Que cada página les inspire a superar obstáculos, a aprender con entusiasmo y a construir un futuro más brillante. Que nunca olviden que el esfuerzo, la dedicación y la constancia son las llaves que abren las puertas de la excelencia. A ustedes, futuros líderes y soñadores, les dedico este trabajo, con la esperanza de que siempre aspiren a ser la mejor versión de sí mismos.

SOLO USO ACADÉMICO

Resumen

La industria de la construcción enfrenta desafíos significativos en términos de productividad, variabilidad, consumo de recursos e impacto ambiental. En respuesta a esto, la metodología Lean Construction ha surgido como una alternativa para mejorar el rendimiento y la competitividad de los proyectos de construcción. Esta metodología se basa en los principios del sistema de producción de Toyota y busca maximizar el valor para el cliente y minimizar los desperdicios a través de herramientas y métodos colaborativos.

En Chile, la adopción de Lean Construction ha ido en aumento, pero aún se encuentra en etapas iniciales. Este estudio se centra en investigar la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción chilena. Se realiza un estudio de caso en una empresa constructora chilena que ya ha aplicado Lean Construction en varios proyectos, evaluando los resultados y las lecciones aprendidas. Además, se identifican los factores facilitadores y limitantes para la implementación de Lean Construction en Chile, así como las oportunidades y desafíos para su difusión y consolidación.

El objetivo principal es analizar la eficiencia de la implementación de Lean Construction en la construcción chilena y ofrecer recomendaciones para su futura adopción. Este estudio contribuye al entendimiento del impacto y potencial de Lean Construction en el contexto nacional, con el fin de mejorar la gestión de proyectos de construcción, reducir costos, acortar plazos y mejorar la calidad, seguridad y satisfacción del cliente.

Summary

The construction industry faces significant challenges in terms of productivity, variability, resource consumption, and environmental impact. In response to this, the Lean Construction methodology has emerged as an alternative to enhance the performance and competitiveness of construction projects. This methodology is based on the principles of the Toyota production system and aims to maximize value for the customer and minimize waste through collaborative tools and methods.

In Chile, the adoption of Lean Construction has been on the rise, but it is still in its early stages. This study focuses on investigating the implementation of Lean Construction in the Chilean construction industry. A case study is conducted on a Chilean construction company that has already applied Lean Construction to several projects, evaluating the outcomes and lessons learned. Furthermore, the facilitating and limiting factors for the implementation of Lean Construction in Chile are identified, as well as the opportunities and challenges for its dissemination and consolidation.

The main objective is to analyze the efficiency of the implementation of Lean Construction in Chilean construction and offer recommendations for its future adoption. This study contributes to the understanding of the impact and potential of Lean Construction in the national context, with the aim of improving construction project management, reducing costs, shortening deadlines, and enhancing quality, safety, and customer satisfaction.

1 Introducción

La construcción, es una industria que desde siempre ha jugado un importante papel, tanto en el desarrollo económico como social. Sin embargo, este sector también enfrenta muchos desafíos, incluyendo baja productividad, alta variabilidad, consumo excesivo de recursos e impacto ambiental. Ante esta situación, es esencial explorar nuevas formas de gestionar los proyectos de construcción para mejorar su rendimiento y competitividad.

Una alternativa que ha surgido en las últimas décadas, Lean Construction, una Metodología de gestión que se arraiga en los principios del sistema de producción Toyota, que se originó en la industria manufacturera. Lean Construction tiene como objetivo maximizar el valor para el cliente y minimizar los residuos en los procesos a través de la aplicación de herramientas y métodos colaborativos que enfatizan la planificación, el control, la mejora continua y la innovación. Lean Construction ha demostrado aportar beneficios significativos, incluyendo la reducción de costos, acortamiento de plazos, disminución de defectos, mejora de la calidad, seguridad y satisfacción del cliente.

En Chile, la adopción de Lean Construction ha crecido gradualmente en los últimos años, impulsada principalmente por iniciativas académicas y experiencias pioneras en el sector privado. Sin embargo, la implementación de Lean Construction en Chile todavía está en sus primeras etapas, lo que requiere más investigación para entender su impacto y potencial en el contexto nacional. Este estudio tiene como objetivo indagar en la implementación de Lean Construction en la construcción chilena, analizando cual eficiente es y concluir recomendaciones para su futura adopción. Para lograr esto, se llevará a cabo un estudio de caso en una empresa constructora chilena que ya ha aplicado Lean Construction en varios proyectos, evaluando los resultados y las lecciones aprendidas. Además, se identificarán los factores facilitadores y limitantes para la implementación de Lean Construction en Chile, junto con las oportunidades y desafíos para su difusión y consolidación.

1.1 Contexto de la investigación

La industria de la construcción en Chile, crucial para el desarrollo económico y la calidad de vida, ha experimentado desafíos y cambios significativos en los últimos años. Desde 2018, factores sociales, políticos y de salud han influido en la construcción.

La crisis social y política que comenzó en 2019 impactó la continuidad de las obras de construcción y la confianza de los inversores. Las protestas masivas provocaron daños y pérdidas en la mayoría de las empresas constructoras, afectando la seguridad de las obras y la confianza para invertir en el sector.

La pandemia de covid-19, que surgió en 2020, también tuvo un impacto significativo, limitando la operación de las empresas y los trabajadores del sector y disminuyendo la demanda de viviendas y proyectos no residenciales. La mayoría de las empresas constructoras reportaron afectaciones debido a la pandemia.

A pesar de estos desafíos, la industria de la construcción ha buscado adaptarse y evolucionar. La innovación y la sostenibilidad se han convertido en temas relevantes, con la incorporación de nuevas tecnologías, procesos y materiales para mejorar la eficiencia, calidad y competitividad del sector, y para reducir su impacto ambiental y social.

Los proyectos de construcción son complicados y multidisciplinarios, involucrando a diversos actores y múltiples fuentes de incertidumbre. La singularidad de cada proyecto dificulta la aplicación de soluciones y técnicas uniformes para incrementar la eficiencia y productividad.

En este contexto, Lean Construction surge como una metodología de administración de proyectos que busca mejorar la eficiencia y productividad en la construcción, reduciendo desperdicios y optimizando procesos. La aplicación de Lean Construction puede llevar a la disminución de costos, mejoramiento de la calidad, reducción de plazos y aumento en la satisfacción del cliente.

1.2 Planteamiento del problema

El sector de la construcción es un pilar de la economía mundial, responsable de la creación de infraestructuras y viviendas. Sin embargo, esta industria se enfrenta a una serie de desafíos que dificultan la gestión efectiva de los proyectos. Uno de los desafíos más significativos es la falta de una metodología adecuada que facilite la optimización de los procesos de construcción y promueva la productividad en la industria.

La construcción es una industria compleja, con una gran cantidad de variables y factores que pueden influir en el éxito de un proyecto. Desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el mantenimiento, cada etapa del proceso de construcción requiere una coordinación y gestión cuidadosa. Sin embargo, a menudo falta una metodología

sistemática y eficiente para gestionar estos procesos, lo que puede resultar en retrasos, costos excesivos y una calidad inferior.

Además, la industria de la construcción se caracteriza por su alta demanda, lo que puede ejercer una presión adicional sobre los recursos y los plazos. Esta alta demanda puede llevar a la adopción de prácticas de construcción apresuradas o ineficientes, lo que puede resultar en un desperdicio significativo de materiales y tiempo.

1.3 Importancia de la investigación

La metodología Lean se presenta como una solución potencial a estos desafíos. Originada en el sector de la fabricación, la metodología Lean se basa en principios y prácticas orientadas a eliminar el desperdicio, mejorar la calidad de los productos y servicios, y reducir los tiempos y costos en los procesos de producción.

Aplicada a la construcción, la metodología Lean puede ofrecer una serie de beneficios. Puede ayudar a optimizar los procesos de construcción, reduciendo el desperdicio de materiales y tiempo y mejorando la eficiencia. También puede mejorar la calidad de los proyectos de construcción, al fomentar una mayor atención al detalle y una mejor coordinación entre las diferentes etapas del proceso de construcción.

Además, la metodología Lean puede ayudar a mejorar la productividad en la industria de la construcción. Al reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia, puede permitir a las empresas de construcción completar más proyectos en menos tiempo, y con una mayor calidad.

1.4 Objetivos de la investigación

El foco de esta investigación radica en la exploración de los inicios de implementación de la aplicación de la metodología de Lean Construction. Este estudio pone un énfasis especial en la industria de la construcción en Chile, identificando las posibles brechas y oportunidades que surgen en la búsqueda de optimizar los procesos y mejorar la productividad. También busca entender el estado actual de la aplicación de Lean Construction.

1.4.1 Objetivo general

El propósito fundamental de esta investigación es examinar la de la metodología Lean en el sector de construcción. La investigación tiene como objetivo identificar y cerrar las brechas existentes, y descubrir oportunidades de mejora que puedan refinar los procesos y aumentar la productividad en el sector.

Originada en la industria automotriz, la metodología Lean se enfoca en la eliminación de cualquier desperdicio y en la adaptación a las necesidades reales de la demanda. En el contexto de la construcción, esto se traduce en minimizar los costos

mediante la eliminación de procesos innecesarios y en maximizar la eficiencia asegurando que los recursos se utilicen de manera óptima.

La investigación llevará a cabo un análisis detallado de las prácticas asociadas a Lean en la industria de la construcción. Se tendrán en cuenta factores que puedan promover o dificultar la implementación efectiva en el sector, como la resistencia al cambio, la falta de formación adecuada, y la necesidad de adaptar la metodología a las características específicas del sector.

1.4.2 Objetivos específicos

Examinar la aplicación de la metodología Lean en la construcción, identificando sus principales usos y limitaciones.

Investigar cómo líderes y trabajadores de empresas constructoras ven y aplican Lean, destacando los principales desafíos en su implementación.

Desarrollar un estudio sobre una empresa constructora líder en el mercado en proceso de implementación de Lean, y revisar el impacto en su productividad.

Evaluar indicadores clave en proyectos que han adoptado Lean, como la reducción de tiempos, mejoras en calidad y gestión de costos.

Identificar prácticas y estrategias efectivas para la aplicación de Lean en la construcción.

Analizar experiencias y casos de empresas que han implementado Lean, considerando retos como la resistencia al cambio y la adaptación de la metodología a las particularidades del sector.

Proponer recomendaciones para mejorar la eficiencia en la construcción mediante Lean, enfatizando la adaptación de la metodología a las demandas del sector.

2 Antecedentes del Proyecto

2.1 Antecedentes generales sobre construcción en Chile

Durante el último trimestre de 2022, la inversión en el sector de la construcción enfrentó una disminución, en sintonía con un entorno externo más desafiante y una creciente incertidumbre global. Las condiciones financieras restrictivas han planteado desafíos significativos, y el rendimiento de la inversión en construcción fue deficiente hacia finales de 2022. Los niveles de inversión en construcción de 2020 a 2022 han sido revisados a la baja por el Banco Central, lo que implica una disminución proyectada más pequeña en la inversión en construcción para 2023 en comparación con las estimaciones anteriores.

El balance negativo de las variables económicas relevantes para el sector de la construcción confirma que la inversión será negativa en 2023. Sin embargo, esta contracción podría ser menos severa de lo previsto anteriormente, debido a una base de comparación más baja. La competencia en el sector de la construcción es feroz, y las condiciones de crédito restrictivas han hecho que sea más difícil para las empresas obtener financiamiento.

Los altos costos de construcción, la inflación y las dificultades para obtener financiamiento bancario son algunos de los desafíos que enfrenta la industria. A pesar de estos desafíos, se espera que la inversión en el sector de la construcción disminuya aproximadamente un 5,9% en 2023 en comparación con 2022 (Cámara Chilena de la Construcción, 2023).

Para superar estos desafíos, las empresas de construcción deben buscar nuevas estrategias y adaptarse a las cambiantes condiciones del mercado. A pesar de la terminación de la financiación de emergencia temporal para proyectos de infraestructura Covid-19, este impacto podría ser parcialmente mitigado por el programa de infraestructura para el desarrollo esbozado en la Agenda Pro-Inversión del Gobierno (Cámara Chilena de la Construcción, 2023).

Para 2024, se anticipa que la tasa de crecimiento anual de la inversión en el sector de la construcción convergerá gradualmente hacia su nivel de tendencia. Esto significa que la inversión en construcción variará en un -0,5% anual en 2024, en consonancia con los niveles más bajos de inversión sectorial. A pesar de los desafíos, el sector de la construcción está buscando activamente formas de adaptarse y prosperar en este entorno desafiante (Cámara Chilena de la Construcción, 2023).

2.1.1 Innovaciones y tendencias en la industria

La construcción en Chile se encuentra en un punto crucial en su evolución, dado el contexto económico y la necesidad de impulsar la economía del país. El avance tecnológico ofrece la oportunidad de transformar el sector en uno más sostenible, eficiente y seguro.

En los últimos años, la industria de la construcción ha experimentado cambios notables gracias a la tecnología. La gestión de procesos se ha vuelto cada vez más eficiente con la adopción de software, y los avances en construcción modular, impresión 3D, robótica e inteligencia artificial prometen revolucionar el proceso constructivo.

En 2021, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) elaboró el "Primer Índice de Transformación Digital de la Construcción en Chile", que mostró un rezago en la adopción de tecnologías en comparación con otros sectores. La industria ha reconocido estas brechas y busca estrategias para avanzar en la transformación digital y mejorar la productividad.

Franz Fahrenkrog, cofundador y CTO de Calidad Cloud, afirma que en los últimos cuatro años el uso de tecnología ha aumentado significativamente en la industria. Por ejemplo, las revisiones de proyectos realizadas a través de dispositivos móviles se han cuadruplicado en comparación con los controles de calidad desde computadoras.

El futuro de la construcción debería ser más eficiente, afirma Rodney Bellido, gerente comercial de Giatec. La digitalización permite a las empresas mejorar la eficiencia en la planificación y diseño, reduciendo tiempos y costos.

La sostenibilidad es otro aspecto clave en el futuro de la construcción. La creación de edificios sostenibles y eficientes energéticamente es primordial para reducir el impacto ambiental del sector en Chile. Las tecnologías digitales facilitan este proceso al mejorar la eficiencia y reducir el consumo de recursos.

En esta dirección, Chile se encuentra a la vanguardia en la digitalización del sector, y empresas como Calidad Cloud organizan eventos como "Conecta 2023" para reunir a las principales empresas tecnológicas de la industria. Este evento busca acelerar la adopción de tecnologías y fomentar la innovación en el sector de la construcción en Chile y América Latina. (tour innovación, 2023).

2.1.2 Desafíos y oportunidades en el sector

El progreso continuo en tecnología e innovación, especialmente en el área digital, ha motivado a varios sectores económicos, como la construcción, a adoptar prácticas que aumenten su productividad. La Investigación y Desarrollo es un concepto importante en este sentido, ya que busca expandir el conocimiento y crear nuevas basadas en el saber previo.

En Chile, la Investigación y Desarrollo en construcción se enfoca en desarrollar nuevos materiales, mejorar materias primas y optimizar la eficiencia en la construcción y edificación. Sin embargo, se requiere más financiamiento e inversión del sector privado para enfrentar desafíos y alcanzar su máximo potencial.

La "Ley de Investigación y Desarrollo" ofrece incentivos fiscales para proyectos aprobados por Corfo, con el fin de aumentar la competitividad de las empresas chilenas. Aun así, es necesario un mayor compromiso de la academia y las empresas para maximizar el potencial de la Investigación y Desarrollo en un ecosistema que fomente un crecimiento tecnológico sostenible y equilibrado.

Experiencias internacionales, como Estados Unidos y Australia, ofrecen lecciones valiosas. Estados Unidos invierte fuertemente en Investigación y Desarrollo en construcción, donde un sistema diverso de colaboración entre academia e industria y el enfoque de instituciones específicas priorizan desafíos particulares. Australia, con un sector en crecimiento, ha aumentado la inversión empresarial en Investigación y Desarrollo, respaldada por una ley que brinda incentivos fiscales importantes.

Por lo tanto, para Chile, el camino hacia un mayor desarrollo en la industria de la construcción implica enfrentar desafíos y aprovechar oportunidades. Aprender de modelos internacionales, utilizar la ley de Investigación y Desarrollo y fomentar la colaboración entre actores clave serán esenciales para afrontar los retos futuros y transformar el sector. Se debe poner más énfasis en promover la investigación y explorar oportunidades, en lugar de enfocarse solo en los números (Investigación y desarrollo en la construcción, 2022).

2.1.3 Futuro de la construcción en Chile

Como hemos revisado, la industria de la construcción ha experimentado una transformación considerable, impulsada en gran medida por el avance tecnológico. La adopción creciente de software y la integración de tecnologías innovadoras como la construcción modular, la impresión 3D, la robótica y la inteligencia artificial (IA) tienen el potencial de revolucionar la forma en que se llevan a cabo los proyectos de construcción.

La Cámara Chilena de la Construcción (CChC) presentó en 2021 el "Primer Índice de Transformación Digital de la Construcción en Chile", en el cual se identificó una brecha significativa en el progreso de las variables impulsoras del desarrollo de la transformación digital en comparación con otros sectores industriales. A raíz de esto, la CChC ha desarrollado estrategias para cerrar estas brechas y mejorar la productividad en el sector (Cámara Chilena de la Construcción, 2021).

El uso de soluciones tecnológicas en la construcción ha crecido notablemente en los últimos cuatro años, lo que ha llevado a un aumento en la eficiencia de los procesos.

Un ejemplo de ello es el incremento en las revisiones de proyectos realizadas a través de dispositivos móviles en comparación con las revisiones y controles de calidad desde computadoras.

Además, la digitalización en la construcción permite optimizar tiempos y costos en el diseño y la planificación. La sostenibilidad también se ha convertido en un aspecto clave en el futuro de la construcción, ya que es esencial crear edificios más ecológicos y eficientes energéticamente para reducir el impacto ambiental del sector en Chile.

La tecnología juega un papel crucial en la integración de todos los elementos involucrados en la construcción. La implementación de sistemas y herramientas digitales permite una mayor eficiencia y optimización en la entrega de información y la coordinación entre los diferentes actores involucrados en el proceso constructivo.

El futuro de la construcción en Chile parece ser sostenible y eficiente, con un enfoque en la adopción de tecnologías y la estandarización de procesos repetitivos. La digitalización del sector en Chile está en constante evolución, y se están llevando a cabo eventos y esfuerzos para fomentar la adopción de tecnologías de vanguardia en la región (Corporación de Desarrollo Tecnológico , 2022).

3 Metodología

3.1 Marco teórico

3.1.1 Origen

Lean Construction tiene sus raíces en Japón, basándose en el Toyota Production System, la eficiencia en el uso de recursos y la eliminación de desperdicios para maximizar el valor al cliente.

El principio de mejora continua, esencial en Lean, proviene de la vida de Sakichi Toyoda, un artesano y carpintero japonés. En el siglo XIX, el gobierno japonés promovía pequeñas industrias locales, y los talleres textiles familiares eran comunes. Sakichi aprendió carpintería de su padre y, a los 27 años, empezó a fabricar telares manuales. Aunque estos telares eran más económicos y eficientes que los disponibles, Sakichi buscó desarrollar telares mecánicos (Liker, 2021).

La constante búsqueda de Sakichi por la mejora continua lo llevó a ser conocido como "el rey de los inventores" en Japón. Su enfoque en la mejora continua y la eficiencia sentó las bases primeramente en Toyota Production System, que luego se aplicaría en la industria automotriz (Liker, 2021).

Toyota, fundada por Kiichiro Toyoda, heredero de Sakichi Toyoda, representa un momento icónico en la evolución de la industria automotriz. Bajo la influencia de los principios de eficiencia transmitidos por su padre, Kiichiro transformó de manera significativa los métodos de producción de vehículos, estableciendo a Toyota como una marca de renombre mundial por su destacada calidad y eficiencia operacional. Más allá del ámbito automotor, la revolucionaria adaptación de la industria, basada en los principios Lean promovidos por Kiichiro, ha sido aplicada con éxito en diferentes sectores, todo ello respaldado por los fundamentos del Toyota Production System.

Taiichi Ohno (2021), ingeniero mecánico de la fábrica de telares de la familia Toyoda, menciona en su libro, como el sistema de producción de Toyota surgió de una necesidad. La creencia en la frase "la necesidad es la madre de la invención" fue fundamental para el desarrollo del sistema. Las mejoras en las plantas de Toyota se realizaron en respuesta a las necesidades percibidas, y se consideró crucial que los trabajadores de la fábrica sintieran esta necesidad. Los esfuerzos para desarrollar el Toyota Production System, basándose en la necesidad urgente de descubrir un nuevo método de fabricación que eliminara los desperdicios.

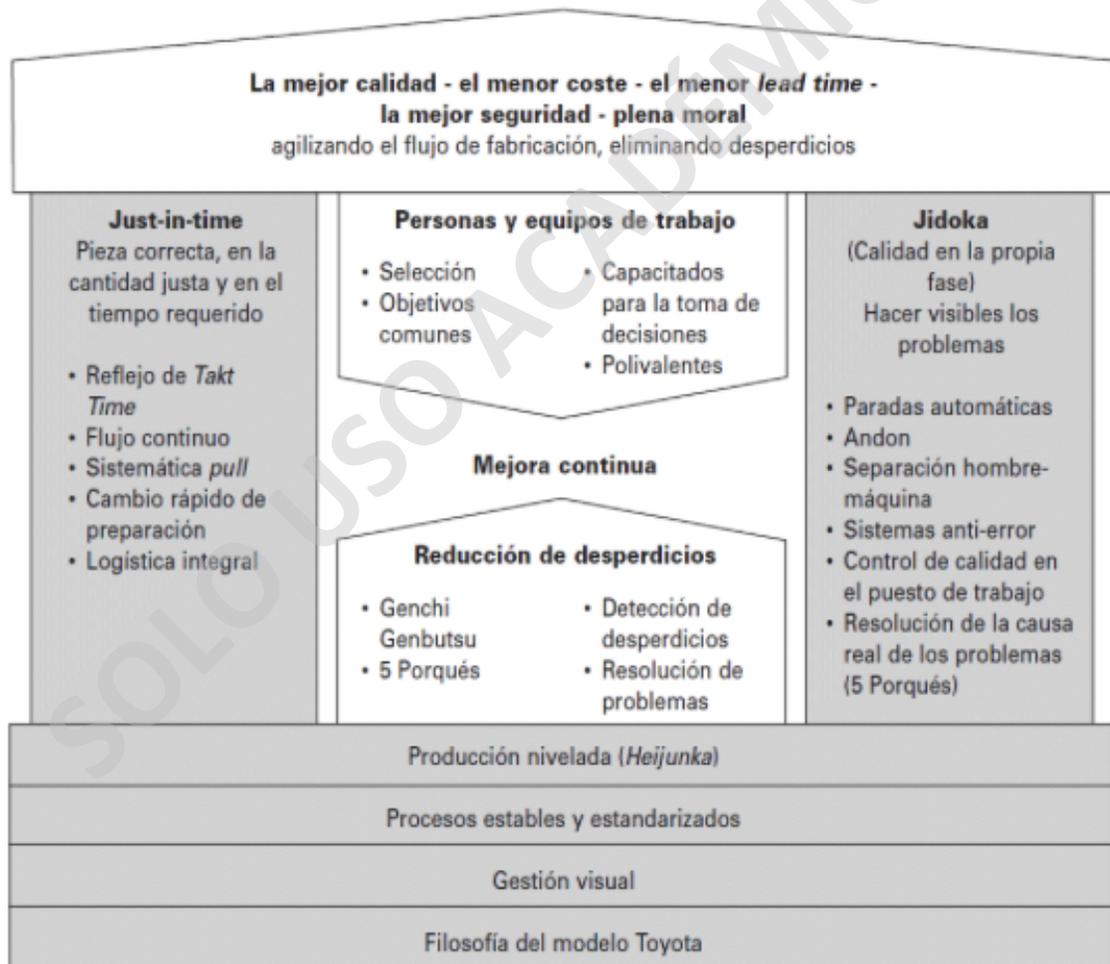
3.1.2 Toyota Production System

El Lean Lexicon (2008) define que:

El sistema de producción desarrollado por Toyota Motor Corporation para conseguir la mejor calidad, el más bajo costo y el plazo de entrega más corto, eliminando el despilfarro. El Toyota Production System se basa en dos pilares: el just-in-time y el jidoka y, a menudo, se representa como una “casa”. El TPS se mantiene mediante iteraciones de mejora, por medio del trabajo estandarizado y el kaizen, siguiendo el PDCA o método científico (pág. 104).

Toyota interpretan a Toyota Production System (TPS), como un sistema que se puede imaginar como una casa, como se puede ver en la Figura 2.1. Y como cualquier casa, necesita tener cimientos y estructuras fuertes. Esta "casa" se representa cómo funciona el sistema de producción.

Figura 3.1 Casa Toyota Production System.



Nota. Adaptado de *Las claves del éxito de Toyota*, Jeffrey K. Liker, 2021, Planeta Colombia Editorial.

La "casa" tiene cuatro partes principales:

1. Fundaciones: Son la base de todo. Representan la cultura y Metodología de trabajo. Todos en la empresa deben tener la información correcta y seguir procesos claros y confiables.
2. Interior de la casa: Es la idea de mejorar constantemente. Los equipos trabajan juntos para hacer las cosas mejor, eliminando lo que no es necesario o lo que no funciona bien.
3. Pilares: Son las herramientas o métodos que usan. Dos ejemplos son "Just in Time", que significa realizar justo a tiempo, y "Jidoka", que ayuda a encontrar y solucionar problemas rápidamente.
4. Tejado: Son los resultados visibles, como la calidad y el costo. Si las otras partes de la casa son fuertes, el tejado también lo será.

Además, Toyota menciona que algunas empresas cometen errores al usar solo algunas herramientas en ciertas áreas y no en toda la empresa. También, que si las empresas no entienden que el TPS es más que solo herramientas y que es una Metodología a largo plazo, no tendrán éxito. Es como tratar de construir una casa solo con algunos elementos de buena calidad y otros de baja calidad, esto interfiere de gran manera con el valor que el cliente busca.

3.1.3 Principios y herramientas Lean Construction

Jeffrey K. Liker (2021), menciona en su libro *Las claves del éxito de Toyota*, los catorce principios fundamentales para la gestión y liderazgo de equipos de trabajos guiados por la Metodología Lean, maximizar el valor para el cliente, eliminar desperdicios, fomentar la colaboración y el trabajo en equipo, buscar la mejora continua y reducir las variaciones. Todos estos principios de Toyota buscan enfocar, aumentar la eficiencia, reducir costos y entregar proyectos de mejor calidad que cada vez se acerquen a las necesidades del cliente.

3.1.4 Largo Plazo

Robert B. McCurry, exvicepresidente ejecutivo de Toyota Motors en Estados Unidos, es un ejemplo destacado de éxito y versatilidad en la industria automotriz. Su trayectoria es un testimonio de la importancia de los proyectos a largo plazo y la habilidad para adaptarse a diversos roles.

Comenzando su carrera como piloto de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial. McCurry, Tras la guerra, rechazó una oferta para convertirse en jugador profesional de fútbol americano en la NFL en 1948, eligiendo en

su lugar seguir un camino académico. Se graduó con honores de la Universidad de Michigan, lo que marcó el inicio de su destacada carrera en la industria automotriz.

Al unirse a Chrysler, McCurry rápidamente se convirtió en uno de los vendedores más hábiles de la industria, contribuyendo con gran versatilidad en la compañía. Fue responsable de campañas exitosas, como la del Super Bowl IX de 1975, que dejaron una huella en el mercado.

Fue durante su tiempo en Toyota donde Robert B. McCurry realmente dejó una huella indeleble en la industria automotriz. En un impresionante período de siete años, lideró la compañía hacia un hito sin precedentes: la venta de un millón de automóviles. Este logro no solo posicionó a Toyota en el segundo lugar en ventas en 1990, sino que también permitió superar a gigantes de la industria como Ford y Chrysler.

La conexión de McCurry con Toyota fue más profunda que una simple coincidencia laboral. La Metodología impecable de la compañía, centrada en la calidad, la innovación y la satisfacción del cliente, resonó profundamente con él. Su habilidad para alinear sus esfuerzos con los valores de la compañía no solo fue clave en su éxito sino que también reflejó una sinergia perfecta entre su visión y la misión de Toyota.

Este alineamiento no pasó desapercibido, y en 1997, el impacto de McCurry en la industria fue reconocido con su inclusión en el prestigioso Salón de la Fama del Automóvil. Su legado en Toyota es un testimonio de cómo la pasión, la dedicación y una comprensión profunda de los valores de una organización pueden conducir a logros extraordinarios y duraderos.

La vida y carrera de McCurry hablan por sí mismas, reflejando una combinación única de talento, dedicación y visión a largo plazo. Su historia es un recordatorio inspirador de cómo la perseverancia y la adaptabilidad pueden llevar a logros extraordinarios en cualquier campo (maynard, 2006).

Robert B. McCurry menciona que:

Los factores de mayor importancia para alcanzar el éxito son la Paciencia, un enfoque a largo plazo en lugar de los resultados a corto plazo, reinvertir en las personas, producto y fábrica, sin olvidar en ningún momento el compromiso total con la calidad (Liker, 2021, pág. 127).

La planificación a largo plazo en las industrias no es solo una estrategia. Es una forma de pensar que mira el panorama completo. Esto significa entender todo, desde lo que los clientes necesitan hasta cómo las decisiones de la empresa afectan el medio ambiente. También significa encontrar un equilibrio entre lo que se quiere lograr ahora y lo que se quiere mantener en el futuro.

La planificación a largo plazo es como invertir en el futuro. Es una manera de decir lo que la empresa quiere ser y cómo quiere actuar. Al pensar cuidadosamente en lo que está pasando ahora y lo que podría pasar más adelante, las industrias pueden planear cómo tener éxito. Quieren ser fuertes, justas y estar en sintonía con lo que el mundo necesita.

Pero la planificación a largo plazo no es solo una forma de hacer negocios. Es una manera de entender cómo todo está conectado: la empresa, la gente y el mundo en el que vivimos. Es una promesa de trabajar de una manera que tenga en cuenta a todos y todo.

Jim Press, vicepresidente ejecutivo de Toyota Motors Sale en Norteamérica y uno de los dos directores ejecutivos americanos de Toyota, explican:

El objetivo del dinero que generamos no es como compañía ganarlo, ni nada relación. nado a ver cómo engrosa nuestra cartera ni ninguna otra cosa parecida. El objetivo es que podamos reinvertir en futuro, y seguir haciéndolo de manera continua. Éste es el propósito de nuestra inversión. Con el objetivo de ayudar a nuestra sociedad y a nuestra comunidad que nos hace afortunados por el hecho de poder crear negocio. Tenemos un trillón de ejemplos al respecto (Liker, 2021, pág. 128).

3.1.5 Flujo continuo

Lean Lexicon lo define de la siguiente manera:

Producir y mover un ítem cada vez (o lotes iguales de pequeñas cantidades de ítems) de forma continua, a lo largo de una serie de etapas de proceso de forma que en cada etapa se haga solamente lo que necesita la siguiente.

Hay diferentes formas de conseguir el flujo continuo, desde líneas de montaje automatizadas a células manuales. (Marchwinski, Shook, & Alexis, 2008, pág. 10)

El flujo continuo en la construcción se puede describir como un proceso ordenado y sin pausas en el que se realizan las diferentes etapas de un proyecto. En lugar de completar una fase entera antes de comenzar la siguiente, cada etapa se inicia tan pronto como sea posible. Esto crea un movimiento constante y fluido a través del proyecto. La ventaja de este enfoque es que permite que el proyecto se complete de manera más eficiente, sin demoras innecesarias. A continuación, se presentan dos ejemplos para ilustrar cómo se aplica este concepto en el contexto de la construcción:

Ejemplo 1: Instalación de Tabique

La instalación de tabique es un ejemplo claro de fluidez, aunque parezca fácil y en algunos casos hasta obvio, generalmente están interrumpidos por imprevistos donde interfieren con el flujo requerido. Aquí hay un ejemplo de cómo se puede hacer esto en un flujo continuo, semana tras semana:

- Semana 1 - Preparación: Primero, se limpia el área y se traza dónde irá el tabique. Es como dibujar una línea guía por todo los recintos, proyectando la tabiquería en su totalidad.
- Semana 2 – Estructuración primera cara: Luego, se instala en su lugar la estructura primaria del tabique, incluyendo los montantes y soleras, y se coloca la primera cara de placa de yeso cartón.
- Semana 3 - Servicios: En este paso, se levantan las instalaciones eléctricas y las tuberías para agua caliente, agua fría y alcantarillado. Todas en su punto exacto. Muy importante el chequeo de cada punto.
- Semana 4 – Estructuración segunda cara: Por último, se añade los refuerzos del tabique y se coloca la segunda cara.

Ejemplo 2: Instalación de Cerámica

La instalación de cerámica es un proceso que se puede hacer paso a paso sin detenerse, como en este ejemplo:

- Día 1 y 2 - Preparación: Primero, se limpia el área quitando cualquier cuerpo extraño que pueda interferir con el pegado de las palmetas. Luego, se preparan las superficies picándolas y descarachando, dejándolas listas para el adhesivo.
- Día 3 y 4 – Trazado primera partida: Después, se marcan los niveles en las paredes y pisos para asegurar que la cerámica quede bien alineada y nivelada.
- Día 5 y 6 – Pegado en Muros: A continuación, se colocan los cerámicos en los muros de los baños y la cocina, siguiendo los niveles marcados.
- Día 7 y 8 - Pegado en Pisos: Luego, se instalan los cerámicos en los pisos de los baños y la terraza, asegurando que todo quede bien instalado.
- Día 9 – Frague General: Por último, se rellenan los espacios entre los cerámicos, terminando la instalación.

Este ejemplo ilustra cómo la instalación de cerámica puede llevarse a cabo de manera organizada y sin interrupciones. Imagina que estás armando un rompecabezas, y cada paso en el proceso es como encajar una pieza en su lugar. Todo debe encajar perfectamente, y no hay pausas innecesarias. Esto hace que el trabajo sea rápido y de buena calidad.

Pero, aunque pueda parecer sencillo, en realidad, hay mucho más en juego. Hay que tener en cuenta las especificaciones técnicas a cada material, asegurarse de que todas las partidas están siendo supervisadas continuamente y de forma correcta, y contar con trabajadores responsables. Además, es importante que todos trabajen de manera limpia y segura.

Cada paso en el proceso debe ser cuidadosamente planificado y ejecutado. No es algo que se haga al azar. Todos deben trabajar juntos y enfocarse en el mismo objetivo.

3.1.6 Flujo de Valor

Luis Socconini define flujo de valor en su libro “Lean Manufacturing Paso a paso” como: “Un mapa de valor es una representación gráfica de elementos de producción e información que permite conocer y documentar el estado actual y futuro de un proceso, es la base para el análisis del valor que se aporta al producto o servicio, y es la fuente del conocimiento de las restricciones reales de una empresa, ya que permite visualizar dónde se encuentra el valor y dónde el desperdicio.

En el mapa de valor podemos observar y entender el flujo de la información y el flujo de los materiales, ya que una empresa de manufactura no solo fabrica bienes, sino que también produce información.” (pág. 94).

En sus memorias, Taiichi Ohno relata cómo la empresa Toyota enfrentó desafíos significativos en su proceso de producción, desafíos que estaban impulsados por la escasez de recursos y una creciente demanda. La respuesta a estos desafíos se centró en la eficiencia, la eliminación de desperdicios y la adaptación a las necesidades reales, y se fundamentó en dos principios esenciales.

Ohno describe el primer principio como la Creación de un Flujo de Producción Continuo. La meta era organizar la producción de tal manera que las piezas se fabricaran en la cantidad y en el momento adecuados.

Continuando con su explicación, Ohno presenta el segundo principio: Asegurar un Suministro Continuo de Materias Primas. Esto implicaba garantizar que las materias primas estuvieran disponibles de manera constante para la fabricación de piezas, una condición esencial para mantener un flujo de producción constante.

Ohno concluye que la aplicación de estos principios llevó a la eliminación de la pérdida de tiempo en el almacenamiento de piezas y ayudó a aumentar la eficiencia de la producción en dos o tres veces. La reorganización de las máquinas para establecer un flujo de producción fue un componente clave en este proceso.

La experiencia de Toyota, tal como la describe Ohno, demuestra cómo la adaptación a las circunstancias y la innovación pueden conducir a sistemas de producción

eficientes y rentables. La necesidad de encontrar un nuevo método de fabricación que eliminara los desperdicios fue el motor de la innovación, y la adaptación a las necesidades reales y la eliminación de cualquier forma de desperdicio fueron fundamentales en este proceso (Ohno, 1991).

3.1.7 Pull

El sistema "pull" es un enfoque en la producción y la entrega que se centra en la demanda real y precisa del cliente. A diferencia del sistema "push", donde los productos se crean y envían sin tener en cuenta si hay una necesidad real para ellos, el sistema "pull" espera una señal o una solicitud del cliente o del siguiente paso en el proceso de producción.

En el sistema "pull", no hay producción en exceso, no hay inventario innecesario y no hay desperdicio. Todo se produce, se mueve y se entrega en el momento exacto en que se necesita y en la cantidad exacta requerida.

Este enfoque minimiza los costos y maximiza la eficiencia, asegurando que los recursos se utilicen de la manera más efectiva posible. Es un principio central en metodologías de producción ajustada y eficiente, como la que se encuentra en el Sistema de Producción Toyota, y es aplicable en una variedad de industrias y contextos (Liker, 2021).

Pull, en términos sencillos, significa que nadie aguas arriba debería producir un bien o servicio hasta que el consumidor, aguas abajo, lo solicite (Jones & Womack, 2003, pág. 71).

Imaginemos un contratista en una gran ciudad y necesita materiales de construcción, como cemento, ladrillos y barras de acero, entregados directamente en la obra de construcción. Los pedidos serán despachados a terreno y se debe especificar una cantidad semanal de cada material. La fábrica solo garantiza que la entrega se realizará durante la semana, sin especificar el día. Esto requiere que planifique cuidadosamente sus necesidades de material para asegurarse de tener suficiente en el sitio, pero sin excederse, ya que podría quedarse sin espacio en los acopios de materiales.

Este es un ejemplo de inventario en sistema push. Los materiales son enviados a la obra, ya sea que puedan ser utilizados inmediatamente o no. El resultado es una gran cantidad de material que no se necesita de inmediato, lo que puede llevar a problemas de almacenamiento y desperdicios tales como mal acopio de material, manipulación incorrecta, exposición a condiciones adversas, robo, etc.

Ahora, imaginemos que la fábrica de los materiales recibe muchas quejas y mejora su servicio. Le proporcionan una aplicación en su teléfono donde puede hacer clic en un producto cada vez que lo use. Al día siguiente, le entregan una unidad para reemplazar lo que ha comenzado a consumir. Esto significa que tendrá algo de inventario, pero no

mucho. Si necesita una gran cantidad de un material, como cemento, puede pedirlo y le será entregado rápidamente. Este es un ejemplo de sistema pull, donde recibe los productos solo cuando los pide, basado en la demanda real.

Muchas constructoras trabajan según su planificación interna, enviando productos en forma push a sus sitios, que deben almacenarse en inventarios. Pero el modelo ideal es eliminar los inventarios, tirando del material basándose en la demanda real, en lugar de anticiparse a ella. Esto se ajusta al cien por cien a la demanda y el inventario es mínimo.

El ejemplo de utilizar una aplicación no es un sistema de inventario cero. Existe inventario, también conocido como buffer. La mayoría de las tiendas de suministros de construcción trabajan de este modo, manteniendo una cantidad específica de inventario basado en las compras pasadas y la demanda futura esperada. Los contratistas toman los productos que necesitan, y la tienda repone según lo que se haya llevado. Las tiendas que operan correctamente son un ejemplo de sistema pull, donde existe inventario, pero en lugar de enviar material en forma de push basándose en una planificación, simplemente se observa lo que el cliente se está llevando y se rellena antes de que se agote.

Taiichi Ohno menciona: “Cuanto más inventario tenga la compañía, ...menos probable será tener aquello que es requerido”. (Liker, 2021, pág. 173)

3.1.8 *Just in Time*

Just in Time (JIT) es un enfoque en la producción que se centra en la eficiencia y la eliminación de desperdicios. A diferencia de un sistema donde las piezas se producen en exceso sin tener en cuenta si hay una necesidad real para ellas, JIT asegura que las piezas adecuadas se incorporen a la cadena de montaje justo en el momento en que se necesitan y solo en la cantidad en que se necesitan (Ohno, 1991).

En JIT, no hay producción en exceso, no hay inventario innecesario y no hay desperdicio. Todo se produce, se mueve y se entrega en el momento exacto en que se necesita y en la cantidad exacta requerida (Ohno, 1991).

Este enfoque minimiza los costos y maximiza la eficiencia, asegurando que los recursos se utilicen de la manera más efectiva posible. Es un principio central en metodologías de producción ajustada y eficiente, como la que se encuentra en el Sistema de Producción Toyota, y es aplicable en una variedad de industrias y contextos (Ohno, 1991).

Es esencial explorar cómo esta estrategia se aplica específicamente en la industria de la construcción, particularmente en la enfierradura de la obra. La aplicación del JIT en la enfierradura de la obra permite una entrega precisa de fierro predoblado justo en el momento de su tejido. Esto elimina la necesidad de almacenamiento en acopios, reduciendo significativamente los costos asociados con el movimiento de grúa y el almacenamiento de inventarios.

En una obra de construcción donde se requiere enfierradura, el fierro predoblado puede ser entregado justo en el momento en que se va a tejer. Esto significa que no hay necesidad de acopiar el fierro en el sitio, minimizando los costos de almacenamiento y el riesgo de daño o pérdida. La eficiencia en la enfierradura se mejora mediante una comunicación y planificación cuidadosa entre proveedores y constructores. La entrega JIT asegura que el fierro correcto esté disponible en el momento adecuado, sin retrasos.

Si se necesita una cantidad específica de fierro predoblado para un día en particular, el proveedor puede coordinar la entrega exacta en el momento del tejido. Esto asegura que el proceso de enfierradura sea continuo y eficiente, sin interrupciones por falta de material. La adaptación a la demanda real en lugar de las previsiones previene el desperdicio de materiales. Esto es coherente con los principios del JIT de eliminar cualquier forma de desperdicio. Al solicitar el fierro predoblado solo cuando se va a tejer, se evita tener exceso de material en el sitio que podría oxidarse o dañarse, lo que resulta en desperdicio.

La flexibilidad del sistema JIT permite ajustes rápidos en respuesta a cambios en la demanda o condiciones del sitio, asegurando que no haya exceso de suministro. Si hay un cambio en el cronograma de enfierradura, se puede ajustar rápidamente el pedido de fierro predoblado para reflejar este cambio, asegurando que no haya exceso de suministro.

3.1.9 Heijunka

“El objetivo es minimizar la diferencia entre la producción de un periodo y la del siguiente. Es mejor hacer la misma cantidad de productos cada día o en periodos regulares.

Aunque la demanda puede cambiar considerablemente según la estación (lo que afecta los volúmenes mensuales de producción), la nivelación permite que los volúmenes de producción diaria permanezcan constantes” (Socconini, 2019, pág. 246).

La palabra japonesa Heijunka se traduce como "nivelación". En el mundo de la fabricación y la construcción, Heijunka es una técnica que busca equilibrar la producción. Fábrica que produce diferentes productos, y la demanda de estos productos varía de un día a otro. Si produjeras exactamente lo que se pide cada día, tendrías días muy ocupados y otros muy tranquilos. Esto podría causar estrés en tus trabajadores y máquinas, y también podría llevar a errores y desperdicios.

Heijunka estandariza y suaviza esta situación. En lugar de seguir la demanda exacta, nivelas la producción para que cada día produzcas una cantidad constante. Esto significa que algunos días producirás un poco más de lo que se necesita, y otros días un poco menos, pero en general, cumplirás con la demanda.

Nivelación de la Producción en Cantidades: un maestro ceramista recibe un pedido para instalar diferentes cantidades de cerámicas y porcelanatos a lo largo de la semana.

Los lunes necesitas instalar 75 m², los martes 90 m², los miércoles 35 m², los jueves 85 m² y los viernes 72 m². Esto puede hacer un problema, ya que algunos días estarás muy atareado y otros no tanto.

Solución:

- Evaluar la Demanda: Primero, analizar la demanda y nota cómo varía durante la semana.
- Nivelar la Producción: nivelar la instalación a 72 m² diarios. Esto significa que cada día instalarás la misma cantidad, independientemente de la demanda específica de ese día.
- Crear una Reserva: Para los jueves, cuando la demanda es alta, tendrá una pequeña reserva de cerámicas y porcelanatos listos para instalar.
- Trabajar de Manera Constante: Ahora, el trabajo es constante y eficiente, y puede cumplir con los pedidos de los clientes sin problemas.

Fujio Cho, presidente de Toyota Motors Corporation menciona:

“Por lo general, cuando uno intenta aplicar el TPS, lo primero que tiene que hacer es equilibrar o nivelar la producción. Y ésta es la responsabilidad ante todo del personal de control de producción o de gestión de producción. Nivelar el programa de producción puede requerir adelantar o posponer algunos envíos de modo que quizá tenga que pedirles a sus clientes que esperen un poco de tiempo. Una vez que el nivel de producción sea más o menos el mismo o constante, en un mes, le será posible aplicar sistemas pull y equilibrar la línea de montaje. Pero si los niveles de producción –la salida– cambian diariamente, no tiene sentido intentar aplicar esos otros sistemas, porque simplemente, uno no será capaz de establecer un trabajo estandarizado en esas circunstancias.” (Liker, 2021, pág. 185)

Nivelación de la Producción por Ítems (Mix): Supongamos que un constructor ofrece cuatro tipos de casas: A (apartamentos (45 m²)), B (bungalows (72 m²)), C (casas adosadas (90 m²)) y D (dúplex (75 m²)). Cada tipo de casa requiere la faena de preparación y entrega final, que consiste en el levantamiento de 0,8 observaciones por m².

Solución Paso a Paso:

Evaluar los Modelos: Comprende las diferencias entre los modelos y las necesidades específicas de cada uno.

Planificar la Producción: En lugar de construir todas las casas del mismo tipo a la vez, planificar la producción para construir diferentes tipos en una secuencia repetitiva.

Crear una planificación mensual:

Figura 3.2 Figura Planificación mensual.

Semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
Sem 1	A	A	B	C
Sem 2	A	A	B	C
Sem 3	A	B	C	D
Sem 4	B	C	D	A

Nota. Planificación indica las unidades a trabajar en la semana de acuerdo a Heijunka.

Trabajar de Manera Eficiente: Esta secuencia (AABCD AABCD ABCDA BCDA) permite trabajar de manera más eficiente, reduciendo los cambios de formato y asegurando que puedas cumplir con las demandas de tus clientes.

Ajustar según sea Necesario: Si hay cambios en los pedidos de los clientes, se puede ajustar esta secuencia según sea necesario.

3.1.10 Jidoka

Jidoka, en su esencia, se traduce como automatización, pero también se conoce como el "Principio de Detención y Corrección: Calidad a la Primera en la Producción". Esta Metodología de gestión enfatiza la importancia de interrumpir el proceso de producción tan pronto como se detecta un problema, con el fin de abordarlo y resolverlo de inmediato antes de continuar. Más que una simple pausa, Jidoka implica una evaluación y corrección rápidas del problema en su origen, asegurando que la calidad se mantenga en cada etapa del proceso.

Esta Metodología se trata de buenas prácticas y eficiencia. Al detener y solucionar los inconvenientes en su origen, se evita que los problemas se propaguen a través del proceso de producción, lo que podría llevar a problemas más grandes, más complejos y costosos más adelante. Ayuda en la prevención de errores, reducción de costos, y mejora de la calidad. También fomenta una cultura de responsabilidad y mejora continua, donde cada integrante del equipo es prudente en su papel en la calidad del producto final.

La aplicación de este principio es mejor porque aborda los problemas en su origen, lo que significa que se pueden solucionar antes de que se transforme en algo más grande. Esto lleva a mejor producto, una mayor satisfacción del cliente, y una operación más eficiente y rentable.

Una figura influyente en la industria de producción fue el señor Philip Crosby, Conocido por su enfoque en la calidad, y autor de la célebre frase "la calidad es gratis", que también se convirtió en el título de su primer libro en 1977. (Saxon, 2001)

Lo que Crosby quería transmitir era sencillo pero poderoso: enfocarse en la calidad no tiene por qué ser costoso para las empresas. De hecho, es todo lo contrario. Los procesos defectuosos son los que generan costos innecesarios de tiempo y dinero.

En otras palabras, si una empresa puede establecer un sistema de gestión de calidad eficiente, los costos desaparecerán. La calidad no es un lujo; es una necesidad latente en las industrias y cuando se maneja correctamente, puede ahorrar recursos y mejorar la eficiencia. Crosby enseñaba que la calidad no solo es alcanzable, sino que también es una inversión que beneficia a todos.

Jeffrey K. Liker (2021), destaca una innovación clave en el Sistema de Producción Toyota (TPS) que se remonta a Sakichi Toyoda, que creó un dispositivo simple pero revolucionario que detectaba la rotura de una hebra en el telar. Si una hebra se rompía, el telar se detenía automáticamente. Esto permitía que el problema se corrigiera de inmediato, evitando que el defecto se repitiera y se desperdiciara más material. Este invento, aunque sencillo, tuvo un impacto profundo.

La lección aquí es clara: la calidad no es algo que se añade al final, sino que debe estar integrada en cada paso del proceso. La detección y corrección temprana de los defectos no solo mejora la calidad del producto final, sino que también puede ahorrar tiempo y recursos. Este invento que evolucionó a un sistema más amplio que se convierte después en uno de los dos pilares del TPS, llamado Jidoka (automatización con un toque humano) Es una Metodología que ha sido fundamental en el éxito de Toyota y que continúa siendo relevante en la producción moderna.

La calidad no es un componente que se añade como un último toque en la producción; es un elemento fundamental que debe tejerse en cada fase del proceso. Al detectar y corregir defectos en sus etapas iniciales, no solo se eleva la calidad del producto final, sino que también se conservan tiempo y recursos valiosos.

Jidoka no es solo un método; es una forma de ver la producción que pone la calidad en primer lugar, desde el principio. Es una idea que sigue siendo útil y valiosa hoy en día, mostrando que la calidad no es algo extra, sino algo necesario para hacer las cosas de manera eficiente y efectiva.

3.1.11 Kaizen

Luis Socconini en su libro "Lean Manufacturing paso a paso" describe lo siguientes: "Kaizen es una palabra japonesa que significa «mejora». Sin embargo, solo recibió el término de «continua» hasta que sus principios empezaron a ser adoptados por organizaciones occidentales. En la cultura japonesa todos tienen claro (por tradición) que

al hablar de mejora se habla de cambios constantes, mientras que en occidente se tiene la costumbre de especificar lo que se necesita. Así pues, hoy en día todos relacionamos el concepto de *kaizen* con «mejora continua»” (Socconini, 2019, pág. 115).

Según el enfoque de Kaizen, hay una forma útil y gradual de mejorar en una empresa, una estrategia que muchas grandes compañías aplican hoy en día. Lo que lo distingue es la colaboración de todos en la empresa para hacer cambios sin gastar mucho dinero, una idea que el autor destaca en su trabajo (Socconini, 2019).

El autor también enfatiza la importancia de la mejora constante, sugiriendo que debemos reflexionar sobre nuestras contribuciones individuales en nuestro lugar de trabajo. Si cada persona aporta diez ideas al año, en una empresa con 1000 empleados, esto resultaría en 10 000 ideas nuevas al año. Esto llevaría a muchos cambios y nuevas formas de ser más eficientes. No se necesitan cambios grandes, solo pequeñas mejoras del 1% cada día (Socconini, 2019).

3.1.12 Gestor Visual

Un Gestor Visual es una herramienta o sistema que permite representar visualmente los objetivos, el progreso y los plazos de un proyecto o meta. Puede tomar muchas formas, desde tableros físicos con tarjetas y gráficos hasta sofisticadas aplicaciones digitales. Lo que todos tienen en común es su capacidad para ofrecer una representación clara y accesible del estado actual de un proyecto, permitiendo a todos los involucrados ver dónde están y hacia dónde se dirigen.

Al visualizar los objetivos y plazos, un Gestor Visual ayuda a evitar malentendidos y errores costosos. Todos los miembros del equipo pueden ver lo que se necesita y cuándo, lo que reduce la posibilidad de errores y retrasos. Además, al adaptarse a las necesidades reales y no a las previsiones, se evita la sobreproducción y el exceso de inventario. Esto es coherente con los principios de eficiencia y minimización de desperdicios.

En una constructora, por ejemplo, un Gestor Visual permite una comunicación fluida entre los equipos. Todos pueden ver dónde se encuentran en relación con los objetivos, lo que facilita la colaboración y la toma de decisiones rápidas. La flexibilidad del sistema permite ajustes rápidos en respuesta a cambios en la demanda o condiciones del sitio, asegurando que no haya exceso de suministro ni falta de recursos.

Consideremos una obra de construcción con múltiples equipos trabajando en diferentes partes del proyecto. Un Gestor Visual, como un tablero con tarjetas que representan diferentes tareas y plazos, permite a cada equipo ver dónde están en el proyecto y qué viene a continuación. Si un equipo termina una tarea antes de lo previsto, pueden ver fácilmente qué otras tareas están programadas y comenzar a trabajar en ellas. Esto minimiza el tiempo de inactividad y maximiza la eficiencia. Además, si hay cambios en el cronograma, el Gestor Visual permite una rápida adaptación, asegurando que los recursos se utilicen de manera efectiva sin desperdicio.

Un Gestor Visual es más que una herramienta; es una Metodología de trabajo que enfatiza la claridad, la colaboración y la adaptabilidad. Su capacidad para minimizar los costos y maximizar la eficiencia lo convierte en una parte esencial de cualquier proyecto exitoso. La eliminación de cualquier forma de desperdicio y la adaptación a la demanda real son aspectos clave de esta herramienta, haciendo que sea una inversión valiosa en la eficiencia y la sostenibilidad en diversos campos, incluyendo la construcción.

Figura 3.3 Gestor Visual.



Nota. Adaptado de *Lean Manufacturing Paso a paso*, Luis Socconini, 2019, Marge Books.

3.1.13 Gemba Walk

Término Japonés que significa “lugar de los hechos”, esto quiere indicar el caminar, observar y hablar con los trabajadores, una estrategia de gestión que subraya la importancia de ir al sitio donde se realiza los trabajos. Es una parte esencial de varios métodos de mejora continua y administración eficaz.

En el mundo empresarial y de fabricación, Gemba se refiere a la noción de que los problemas se comprenden y solucionan mejor en el lugar donde realmente suceden. Al estar en el lugar de trabajo y observar los procesos directamente, los líderes pueden descubrir ineficiencias y desperdicios que de otra manera pasarían desapercibidos. Esto facilita la toma de decisiones basadas en hechos concretos, no en supuestos o informes indirectos.

La comunicación con los empleados en el lugar de trabajo ayuda a comprender los retos y problemas desde su punto de vista, lo que puede llevar a soluciones más prácticas

y eficaces. Además, al reconocer y entender los problemas en su origen, se pueden tomar acciones para eliminar cualquier forma de desperdicio. La observación directa también permite una adaptación más veloz a los cambios en la demanda o en las condiciones del lugar de trabajo, asegurando un uso efectivo de los recursos.

Consideremos una fábrica que ha experimentado un incremento en los costos de producción. En lugar de revisar los informes en una oficina, el gerente aplica el principio de Gemba. Al caminar por la planta y hablar con los trabajadores, descubre que una máquina específica está causando problemas y que los empleados tienen sugerencias para mejorar la eficiencia. Implementando estas ideas, la fábrica logra reducir los costos y mejorar la eficiencia sin grandes inversiones.

Gemba es más que una herramienta; es una Metodología de trabajo que destaca la claridad, la colaboración y la adaptabilidad. Al centrarse en el lugar donde ocurren los hechos, se pueden identificar y solucionar problemas de manera más eficiente, reduciendo los costos y aumentando la eficiencia. La eliminación de desperdicios y la adaptación a las necesidades reales son elementos clave de esta práctica, convirtiéndola en una valiosa herramienta en la gestión contemporánea. En un mundo donde la eficiencia y la adaptabilidad son fundamentales, Gemba proporciona un camino práctico y efectivo hacia la mejora continua.

3.1.14 Diagrama Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como Diagrama Causa-Efecto, es una herramienta esencial en la mejora continua que busca identificar las causas raíz de un problema específico (Productividad, 2022). Esta herramienta visual, que recuerda a una espina de pescado, se utiliza para representar y categorizar las posibles causas de un problema, permitiendo a los equipos centrarse en su origen real y no solo en los síntomas superficiales.

Esta metodología se basa en la premisa de que, al identificar y abordar las causas fundamentales, se pueden implementar soluciones más efectivas y duraderas (Productividad, 2022). Al evitar soluciones temporales o superficiales, las organizaciones pueden mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y aumentar la satisfacción del cliente.

El Dr. Kaoru Ishikawa, un experto en control de calidad, es el creador de este diagrama. Su enfoque en la calidad se centró en la idea de que las empresas deben extender su relación con los clientes más allá del proceso de compra. Ishikawa defendía que, para abordar problemas de calidad, es esencial entender sus causas subyacentes y no solo tratar los síntomas (Productividad, 2022).

El proceso de creación del Diagrama de Ishikawa implica definir el problema y, mediante una lluvia de ideas, identificar y categorizar las posibles causas. Estas causas se clasifican en categorías conocidas como las 6 M: Medida, Materias Primas, Mano de Obra,

Medio Ambiente, Máquina y Método. Cada categoría se desglosa aún más para identificar las causas específicas y su relación con el problema central (Productividad, 2022).

El uso del Diagrama de Ishikawa no solo proporciona una visión clara de las causas de un problema, sino que también promueve la colaboración y el consenso dentro de los equipos. Al involucrar a diferentes miembros y considerar múltiples perspectivas, las soluciones propuestas son más holísticas y efectivas.

En síntesis, el Diagrama de Ishikawa es más que una simple herramienta; es una Metodología que pone énfasis en la identificación y corrección de las causas raíz. Al hacerlo, las organizaciones pueden implementar soluciones duraderas que benefician tanto a la empresa como a sus clientes. Es una metodología que, cuando se aplica correctamente, puede transformar la forma en que las organizaciones abordan y resuelven problemas, llevando a una mejora continua y sostenible (Productividad, 2022).

Figura 3.4 Diagrama Ishikawa.



Nota. Adaptado Leansisproductividad.com.

3.1.15 A3

El Pensamiento A3 es una metodología central en la gestión Lean, originada en el Sistema de Producción de Toyota (TPS). Esta metodología es multifacética, actuando como una práctica, una forma de pensar y una herramienta (Priolo, Planet Lean, 2020). Su nombre, "A3", proviene del formato de papel europeo A3, pero su esencia va más allá de un simple formato de informe.

El Pensamiento A3 tiene como base el método científico, ayudando a recopilar y utilizar datos para comprender verdaderamente el problema a resolver e identificar las mejores contramedidas posibles. Es una herramienta que desalienta saltar directamente a las soluciones sin un análisis adecuado. Incorpora el ciclo PDCA, esperando que se revise y actualice varias veces hasta que se resuelva el problema. El informe A3 se divide en dos partes principales: la izquierda, que aborda el fondo, la condición actual, el objetivo/meta y el análisis; y la derecha, que se centra en las contramedidas propuestas, el plan y el seguimiento (Priolo, Planet Lean, 2020).

El Pensamiento A3 tiene múltiples propósitos. Más allá de la resolución de problemas, se utiliza para la planificación, el desarrollo de personas, la enseñanza, la captura de conocimientos y la "cross-fertilization" o intercambio de ideas y mejores prácticas. Es una herramienta que promueve el pensamiento crítico y basa las acciones y soluciones en datos. Además, actúa como una herramienta de coaching, desafiando las suposiciones y conclusiones del coachee, alentándolo a profundizar en el problema (Priolo, Planet Lean, 2020).

El Pensamiento A3 no es solo una herramienta de resolución de problemas, sino una Metodología y un proceso de gestión que busca la mejora continua, la colaboración y el desarrollo de habilidades críticas en toda la organización.

3.1.16 5'S

Las 5'S son una herramienta fundamental en la gestión Lean, originada en el Sistema de Producción de Toyota (TPS). Estas cinco prácticas relacionadas, que comienzan con un sonido "S", describen prácticas de trabajo que favorecen el control visual y la producción Lean (Priolo, 2019). Las palabras japonesas para las 5S son:

(Priolo, 2019) Estos conceptos se traducen típicamente al español como Sort (Ordenar), Straighten (Organizar), Shine (Limpiar), Standardize (Estandarizar) y Sustain (Sostener). Toyota tradicionalmente se refiere a solo cuatro Ss, ya que la idea de shitsuke se vuelve redundante con el sistema de auditorías diarias, semanales y mensuales de la empresa para verificar el trabajo estandarizado.

La aplicación de las 5S suele ser el primer paso en una transformación Lean. Esto se debe a que la idea detrás de ella es fácil de entender y su aplicación trae resultados visibles de inmediato. Las 5S pueden ser un poderoso catalizador en un viaje Lean, ayudando a las personas a comenzar la transformación de su forma de pensar y permitiéndoles organizar su lugar de trabajo de una manera diferente.

Es esencial entender que las 5S no son solo una herramienta para mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado. En realidad, facilitan la estandarización y empoderan a las personas para que se apropien de la resolución de los problemas en las estaciones de trabajo. Pensar que las 5S solo se tratan de limpiar y organizar es limitante. Es más, no se debe cometer el error de exagerar con las 5S.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación propuesto para el proyecto de título se basa en un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos, con el fin de obtener una visión completa sobre la aplicación de la metodología Lean Construction en la industria de la construcción en Chile. Este diseño de investigación se desarrollará en las siguientes etapas:

Revisión de literatura: Esta etapa implicará la revisión y análisis de fuentes bibliográficas y documentos relevantes, incluyendo libros, artículos científicos, informes y estudios de caso previos sobre Lean Construction y su aplicación en la industria de la construcción. El objetivo es obtener un marco teórico sólido que permita comprender los fundamentos, herramientas y técnicas de Lean Construction y su impacto en la eficiencia y productividad de los proyectos.

Estudio de campo: Se realizará entrevista semiestructurada experto de la industria de la construcción en Chile que hayan implementado o esté familiarizado con Lean Construction. El propósito es recolectar información sobre las experiencias y percepciones de los participantes en relación con la aplicación de Lean Construction en proyectos de construcción, así como identificar desafíos y barreras en su implementación y posibles soluciones.

Análisis de datos: En este proyecto se realizará utilizando métodos cualitativos y cuantitativos apropiados. En el análisis cualitativo, se identificarán temas y patrones emergentes, así como se llevará a cabo un análisis de contenido de documentos y literatura relevante. Por otro lado, el análisis cuantitativo se centrará en el procesamiento y análisis estadístico de los datos recopilados.

En este proceso de análisis, se dará énfasis a los datos relevantes para la planificación del proyecto y se estandarizará el tiempo de ejecución de cada una de las obras utilizando como unidad de medida el número de semanas. Se considerará la semana 1 como el inicio de cada proyecto. Para llevar a cabo este proceso, se utilizarán diversas herramientas y técnicas, como la Línea de Balance (LOB), Planificaciones Semanales (PS), el análisis con diagrama Ishikawa, así como el análisis de desviaciones y las causas de incumplimiento (CNC).

Se analizarán los porcentajes de cumplimiento semanal tanto en la etapa de obra gruesa como en las terminaciones, evaluando el progreso en diferentes fases del proyecto, como obra gruesa antes de las terminaciones, obra gruesa y terminaciones, y solo terminaciones. Además, se evaluarán los porcentajes de cumplimiento utilizando herramientas estadísticas como la media, Desviación Estándar, Coeficiente de Variación y pendiente. Estas medidas permitirán tener una visión más precisa del avance y rendimiento del proyecto en términos de tiempo.

Estudio de caso: Se seleccionará un proyecto de construcción específico en Chile donde se haya aplicado Lean Construction, y se analizará en detalle para evaluar los resultados y beneficios obtenidos, así como las dificultades y desafíos enfrentados. Esta etapa permitirá obtener información práctica y contextualizada sobre la implementación de Lean Construction en un proyecto real.

Discusión y conclusiones: Los resultados obtenidos en las etapas anteriores se discutirán y compararán con la literatura existente y las experiencias de otros países y contextos. Se identificarán las implicaciones y recomendaciones prácticas para la adopción y mejora de Lean Construction en la industria de la construcción en Chile, así como sugerencias para futuras investigaciones en el tema.

El diseño de investigación propuesto permitirá abordar de manera integral y rigurosa los objetivos, contribuyendo al conocimiento y comprensión de Lean Construction en el contexto de la construcción civil en Chile y proporcionando información valiosa para la mejora de la eficiencia y productividad en la industria.

3.3 Población y muestra

Población:

La población de este estudio se define como todas las obras de construcción que representan el sector medio de Santiago, Chile. Estas obras son representativas del tipo de construcción chilena actual, reflejando las prácticas, técnicas y desafíos comunes en el sector.

Selección de la Muestra:

Para esta investigación, se han seleccionado dos obras de construcción que son altamente representativas del sector medio de Santiago. Estas dos obras han sido elegidas debido a sus características similares, lo que permite una comparación directa y relevante entre ellas. Ambas obras reflejan las tendencias actuales en la construcción chilena, incluyendo los métodos de construcción, los materiales utilizados, y las prácticas de gestión.

Características de las Obras Seleccionadas:

Obra Walker Martínez

- Ubicación: La Florida, Santiago.
- Tipo de construcción: Torres residenciales.
- Número de pisos: Un edificio residencial de 14 pisos.
- Técnicas de construcción utilizadas: Hormigón armado.
- Estado actual: Finalizado.

Obra Juan Mitjans

- Ubicación: Macul, Santiago.
- Tipo de construcción: Torres residenciales.
- Número de pisos: Dos torres de 20 pisos cada una.
- Técnicas de construcción utilizadas: Hormigón armado.
- Estado actual: Finalizado.

Obra Plaza la Florida

- Ubicación: La Florida, Santiago.
- Tipo de construcción: Torres residenciales.
- Número de pisos: Dos torres de 10 pisos cada una.
- Técnicas de construcción utilizadas: Hormigón armado.
- Estado actual: Finalizado.

Obra Consistorial

- Ubicación: La Florida, Santiago.
- Tipo de construcción: Edificación en altura con espacios residenciales y áreas de oficina.
- Número de pisos: Tres edificios de 29, 21 y 13 pisos respectivamente.
- Técnicas de construcción utilizadas: Hormigón armado.
- Estado actual: En construcción.

Justificación de la Selección:

Las cuatro obras seleccionadas para esta investigación ofrecen una visión detallada y representativa del sector medio de construcción en Santiago. Al tener características similares, permiten una evaluación y comparación efectiva de la aplicación de los principios de Lean Construction en el contexto chileno. Además, al centrarse en obras que reflejan las prácticas actuales, los resultados obtenidos serán relevantes y aplicables a la industria de la construcción en Chile en la actualidad.

Las obras, Walker Martines, Juan Mitjans, Plaza la Florida y Consistorial son representativas de la construcción chilena actual. "Consistorial" ofrece una combinación de espacios residenciales y áreas de oficina, mientras que Walker Martines, Juan Mitjans, Plaza la Florida, se compone de torres residenciales. A pesar de estar en diferentes comunas de Santiago, Estos proyectos enfrentan desafíos logísticos propios debido a factores como su ubicación, duración proyectada y diseño de áreas específicas. Por ejemplo, se encuentran en avenidas concurridas, lo que requiere una logística cuidadosa, especialmente en cuanto al tránsito de camiones y maquinarias.

4 Análisis a empresa Socovesa.

4.1 Historia

La historia de Empresas Socovesa comienza en 1965, cuando Eduardo Gras Díaz establece la empresa constructora Socoviga en Temuco. Su primer emprendimiento, un conjunto habitacional de 16 casas, refleja su compromiso de proveer hogares de alta calidad desde sus inicios. Después de la incorporación de nuevos socios en 1967, la compañía adopta un nuevo nombre, Socovesa, que representa su denominación completa, Sociedad Constructora de Viviendas Económicas S.A.

Avanzamos a 1979, cuando Socovesa emprende su primer proyecto fuera de Temuco, situado en Valdivia. Esta acción afianza a Socovesa como una importante presencia en el sector de la construcción e inmobiliario en el sur de Chile, fortificando su presencia desde Temuco hasta Puerto Montt.

En 1983, la empresa amplía su alcance a la Región Metropolitana, iniciando con proyectos de construcción de casas y luego de departamentos. En los años subsiguientes, diversificó su enfoque de negocio hacia la vivienda social, viviendas para la clase media y hogares para familias de ingresos más elevados.

En 2007, Socovesa se inscribe en el Registro de Valores de la Superintendencia de Valores y Seguros (hoy Comisión para el Mercado Financiero) y se transforma en una sociedad anónima abierta. Además, adquiere la totalidad de Almagro S.A. En respuesta a la creciente demanda de viviendas en altura en la Región Metropolitana en 2008, se funda Inmobiliaria Pilares para ampliar la cartera de productos de Socovesa.

El 2010 ve la reestructuración organizativa de Socovesa tras la salida de Eduardo Gras como presidente del Directorio. Se establecen las áreas inmobiliarias y de ingeniería y construcción como estratégicas y se lanza una nueva filial centrada en proyectos inmobiliarios no residenciales.

En 2014, Socovesa alcanza un hito significativo al lograr por primera vez una utilidad superior al millón de UF. Esta cifra ha sido mantenida en los años posteriores, lo que refleja el éxito de su estrategia de "Crecimiento con Rentabilidad" que se ha estado implementando desde 2010.

En 2016, Javier Gras asume como presidente del Directorio tras la salida de Cristián Hartwig. Ese año también vio el cierre de las operaciones del área de ingeniería y construcción y la creación de una gerencia general corporativa única, dirigida por Mauricio Varela Labbé.

Finalmente, en 2018, Socovesa inicia un proceso de modernización para enfrentar de manera más efectiva el nuevo contexto de negocios. Se establecen nuevas áreas corporativas, dando mayor enfoque y especialización al diseño y venta de valor en sus

marcas. También se anuncia que, en un plazo de aproximadamente 5 años, la empresa reunirá sus oficinas en un único edificio corporativo.

Actualmente, Socovesa se mantiene como un referente en el sector inmobiliario en Chile, manteniendo su compromiso de mejorar la vida de las personas mediante productos inmobiliarios de alta calidad

4.2 Principios de implementación Lean Construction.

Para facilitar la adopción de la metodología Lean Construction en Socovesa, un nuevo departamento se estableció bajo la supervisión del Subgerente de control, gestión y planificación. Desde su inicio en 2018, este departamento ha desempeñado un papel crítico en la transición hacia la Metodología Lean en la empresa. Este equipo incluye especialistas altamente capacitados que guían la implementación y enseñan a los demás miembros del personal cómo utilizar las metodologías Lean.

Se formó una alianza con la empresa brasileña LD Consulting, representada por Karina Bertotto y Marcus Sterzi, cuya experiencia y conocimientos han permitido la puesta en marcha de dos proyectos piloto de Socovesa. A partir de marzo de 2018, el equipo se expandió a tres proyectos adicionales, cada uno con un analista y un planificador, también llamado “Último planificador”. Ambos roles son vitales para el éxito del proceso.

El analista se encarga de examinar y analizar toda la información recopilada y guía al planificador en todo el proceso de construcción. Este profesional es clave para estandarizar los procesos, garantizando su consistencia en todos los proyectos de Socovesa. Además, se llevó a cabo una capacitación para todos los líderes profesionales en planificación Lean por la Pontificia Universidad Católica de Chile para establecer este departamento.

El planificador, por otro lado, tiene la tarea de participar activamente en los procesos de producción, recolectando información semanalmente para análisis. Este profesional debe asegurar que los procesos se implementen de manera efectiva y eficiente y que los resultados se documenten correctamente.

Para maximizar la estandarización de los procesos, se organizan tres reuniones periódicas: Planificación del Sistema de Producción (PSP), Planificación Intermedia (PI) y Planificación Semanal (PS). Estas reuniones son esenciales para la aplicación efectiva de la metodología Lean en Socovesa, ya que permiten un control constante y ajustes cuando sea necesario.

En el marco del plan de implementación, LD Consulting seguirá supervisando el equipo BIM-LAB junto con la Constructora. Los responsables de implementar los cambios en el trabajo en obra serán el departamento de Control de Gestión. Se

programarán dos cursos durante el año para iniciar en marzo y agosto, con el objetivo de aumentar la capacitación.

Se planea desarrollar un libro sobre la implementación Lean en la constructora, y se creará una plataforma llamada Plano OK, donde se proporcionará información sobre los proyectos piloto. Se acordó que, para finales de 2019, habrá al menos un proyecto piloto de Lean por cada gerente de proyecto.

Las reuniones en la oficina central se llevarán a cabo mensualmente para revisar y analizar la planificación de las obras. Se acordó un calendario para coordinar las visitas de LD Consulting, con una programación anticipada de dos meses.

Los formatos de PS y PI de los proyectos piloto se implementarán en el resto de las obras de COSAN (Constructora Socovesa Santiago). Se llevarán a cabo talleres mensuales y cada tres meses se realizará una versión extendida, donde se presentará un A3 por obra. El primer taller extendido se llevará a cabo en abril de 2019.

Finalmente, se realizarán capacitaciones adicionales a lo largo del año para mejorar el desarrollo de los A3.

4.3 Planificación de proyecto con enfoque Lean Construction.

La Planificación del Sistema de Producción es un elemento vital en cualquier proyecto de construcción, estableciendo el camino hacia el éxito. Este proceso se desarrolla a través de reuniones organizadas por etapas, donde se debaten y determinan decisiones clave para llevar a cabo el proyecto.

En estas reuniones, se utiliza una variedad de documentos, como planos de ubicación, estudios de suelo, cálculos estructurales y planos arquitectónicos. Uno de los componentes más importantes es la Línea de Balance, una representación visual de las tareas del proyecto. Esta línea se presenta al comienzo del proyecto y se ajusta según sea necesario, ofreciendo una guía clara para el equipo.

Además, se crean Layouts, que ayudan a visualizar cómo se organizarán los diferentes elementos en la obra. Esto se complementa con la Secuencia Constructiva Obra Gruesa (OG), un plan detallado que describe el orden de cada tarea, asegurando que todos sepan dónde comenzar y qué sigue.

Este proceso también incluye la planificación de la obra gruesa y las terminaciones. Se analizan los pasos de cada actividad, se crean programas breves para estimar el tiempo de ejecución, y se preparan listas de materiales y personal necesario.

4.3.1 Etapa preliminar - Reunión PSP (Planificación del Sistema de Producción)

La reunión de PSP, también conocida como Planificación del Sistema de Producción, es una reunión crucial que se lleva a cabo en diferentes etapas del proyecto de construcción. El objetivo principal de esta reunión es planificar y coordinar los procesos de construcción de manera eficiente y efectiva, para que el proyecto se desarrolle de acuerdo con las expectativas y el cronograma establecido.

Es importante tener en cuenta que estas reuniones se deben programar según el avance de la obra. En otras palabras, la reunión debe ser programada antes de cada etapa importante de la construcción, para poder tomar decisiones informadas y coordinar los diferentes procesos de construcción.

Es necesario contar con diferentes tipos de documentación para la toma de decisiones. Entre los documentos comunes que se necesitan se encuentran los planos de emplazamiento, plano de pilas de socializado, mecánica de suelo, planos de cálculo, planos de arquitectura, Línea de Balance y plano de sala de venta, entre otros. Estos documentos proporcionan información valiosa sobre el proyecto y permiten tomar decisiones informadas y coordinar los procesos de construcción de manera más eficiente.

Es importante tener en cuenta que estas reuniones no tienen una fecha definida, sino que se realizan según la necesidad lo requiera. Es decir, cuando sea necesario tomar decisiones importantes que puedan afectar el avance del proyecto, se debe convocar una reunión de PSP para abordar y resolver cualquier problema o desafío.

4.3.2 Etapa 0 – Línea de Balance (LOB)

La etapa 0 del Plan de Sistema de Producción (PSP) se enfoca en la elaboración de la Línea de Balance (LOB), que es una herramienta crucial para la planificación y control de la obra. La LOB es una representación gráfica que muestra las principales partidas correlativas y armonizadas en una línea de tiempo, de tal manera que se puedan ejecutar las actividades del proyecto sin mayores problemas.

La LOB es presentada al inicio del proyecto a los profesionales a cargo, y es analizada y discutida en profundidad para asegurarse de que la planificación es viable y coherente con los recursos y plazos establecidos. Esta primera presentación se llama Rev 0, y cualquier modificación posterior de la LOB debe ser identificada mediante una nueva revisión (Rev1, Rev2, etc.).

La LOB se utiliza para planificar la secuencia de actividades y los recursos necesarios para cada una de ellas, y así poder establecer plazos y metas claras. También es una herramienta útil para monitorear el progreso de la obra, ya que permite comparar el avance real de las actividades con lo planificado en la LOB, y tomar decisiones para ajustar la planificación en caso de ser necesario.

4.3.3 Etapa 1 – Layout inicial

La etapa de Layout inicial es fundamental en cualquier proyecto de construcción. Es la fase en la que se define la disposición de los diferentes espacios que se ocuparán en la obra. El Layout es un esquema referencial de la distribución de las instalaciones y va a ir modificándose a medida que avanza la construcción. Entre las instalaciones que se pueden definir en esta etapa se encuentran los acopios de materiales, los lugares destinados para los escombros, las demarcaciones y las instalaciones de faena.

Existen diferentes tipos de Layout que se utilizan en función de la etapa de la obra. Entre ellos podemos destacar:

Layout de excavación masiva: Este esquema indica los accesos y la circulación de personal y camiones. También dibuja la rampa con su pendiente, ancho y talud.

Layout de fundaciones: En este caso, se indica el lugar de las fundaciones del proyecto y se identifican las grúas y TDH con sus respectivos radios de giro y rampa.

Layout de Cota 0: En esta fase, se indica los accesos al proyecto, la garita de guardias, los comedores, los vestidores, las zonas de baño y ducha, las instalaciones de faena, entre otros.

Los Layout son herramientas muy útiles para visualizar la obra en su totalidad, ya que permiten una visión macro de la logística y distribución de todos los elementos que componen la obra en ejecución. Esta visualización permite anticipar posibles problemas y hacer ajustes antes de que sea demasiado tarde. En definitiva, la etapa de Layout inicial es esencial para el éxito de cualquier proyecto de construcción.

4.3.4 Etapa 2 - Secuencia Constructiva 0

La etapa 2 del Plan de Sistema de Producción se refiere a la Secuencia Constructiva de la Obra Gruesa (OG). Esta etapa es crucial para el desarrollo del proyecto, ya que establece el orden y la forma en que se llevarán a cabo las actividades de construcción de la OG.

La secuencia constructiva OG se compone de varias etapas, que deben ser planificadas cuidadosamente para asegurar una ejecución eficiente y segura. Estas etapas incluyen la preparación del terreno, la excavación y la construcción de fundaciones, la construcción de muros y losas de hormigón armado, la instalación de estructuras de acero, y la construcción de la techumbre y cubiertas.

Cada etapa debe ser detallada y planificada cuidadosamente, tomando en cuenta las características y necesidades específicas del proyecto. Es importante considerar

factores como la ubicación, el clima, las condiciones del suelo, la disponibilidad de materiales y la logística de transporte.

La secuencia constructiva OG debe ser presentada en un documento detallado que contenga información relevante para cada etapa, como el tipo de equipo y maquinaria a utilizar, la cantidad de materiales requeridos, las fechas de inicio y término de cada etapa, los plazos de entrega de los materiales, y los requerimientos de mano de obra.

La planificación adecuada de la secuencia constructiva OG permite reducir los riesgos y errores durante la ejecución de la obra, así como minimizar los tiempos y costos de construcción. Además, permite identificar oportunidades de mejora en el proceso de construcción, lo que contribuye a optimizar el uso de los recursos disponibles y mejorar la calidad de la obra final.

Plan de Ejecución de Pilas: El plan de ejecución de pilas es importante para definir el orden de ejecución de estas y su distribución en el terreno. En él se indica cuáles pilas de socialzado se harán en primera etapa y cuáles en segunda, considerando factores como la geometría del proyecto, la resistencia del suelo y la capacidad de carga de las pilas. A partir de esta información se genera un programa que permite calcular el tiempo que tomará la ejecución de las pilas y planificar el uso de los recursos necesarios para ello, como la maquinaria y el personal.

4.3.5 Plan de obra gruesa

Trayectoria y Plan de Excavaciones: El plan de excavaciones es crucial para definir la secuencia de trabajo, la profundidad de las excavaciones y el volumen de material a remover en cada tramo. Además, se considera la rampa de acceso para los camiones y maquinarias del proyecto, lo que permite planificar la circulación de los vehículos y el acceso a las áreas de trabajo. Con esta información se establece un plan de ataque de excavación que permita avanzar en forma ordenada y segura, minimizando los riesgos y optimizando el uso de los recursos.

Trayectoria y Plan de Fundaciones: El plan de fundaciones es esencial para establecer el orden de ejecución de las fundaciones y la trayectoria que seguirán en la obra. Se definen los tramos de fundación que se realizarán primero y se establece la ruta que seguirá la maquinaria y el personal en la ejecución de las mismas. De esta forma, se optimiza el uso de los recursos y se minimizan los riesgos en la obra.

Trayectoria y Plan de Hormigones: El plan de hormigones es fundamental para garantizar la calidad de los elementos estructurales de la obra. En él se analiza la trayectoria de preparación de muros y losas, se establecen los cortes necesarios en función de los tramos previamente consultados al calculista responsable de obra, y se estandariza el ritmo de avance para formar un piso semanal. Esto permite un avance controlado y eficiente de la obra gruesa, asegurando que se cumplan los plazos y estándares de calidad requeridos.

4.3.6 Plan de terminaciones

El plan de terminaciones es un paso importante en la ejecución de cualquier proyecto de construcción. Este plan incluye la trayectoria de ejecución de las terminaciones gruesas y finas, y para analizar esto se necesitan varios documentos y herramientas, como la planilla de cubicaciones, equipos de trabajo, cuadros comparativos de subcontratos, cuadros comparativos de maquinarias, precedencias y lotes de producción de transferencia.

La planilla de cubicaciones es un archivo que contiene todas las cubicaciones de las terminaciones, medidas en todas las unidades correspondientes, como metros lineales, metros cuadrados, metros cúbicos, kilogramos, unidades, etc. Esta información es fundamental para poder calcular la cantidad de materiales necesarios para completar las terminaciones y asegurarse de que hay suficientes materiales para finalizar el proyecto.

Los equipos de trabajo son otro factor importante en el plan de terminaciones. El jefe de obra es responsable de configurar un listado de personal necesario para la obra, y se asegurará de que cada miembro de la cuadrilla esté asignado a una tarea específica y tenga las habilidades necesarias para completarla. Estas cuadrillas estarán en directo mando junto a los capataces de cada faena, liderados todos por el jefe de obra.

Los cuadros comparativos de subcontratos y de maquinarias son documentos que ayudan a los profesionales de obra a tomar decisiones informadas sobre qué subcontratos y maquinarias utilizar. Estos comparativos reflejan los valores asociados a sus especialidades, algunos de los cuales pueden ser a sumaalzada o a precio unitario.

Las precedencias y lotes de producción son herramientas que ayudan a garantizar la llegada fluida de materiales a medida que se necesitan. En el caso de los recursos distribuidos por diferentes entidades, es necesario tener un planteamiento logístico para la fluida llegada de materiales. Es necesario un estudio previo junto con los proveedores de abastecer de forma que vaya necesitando el avance.

Es importante destacar que las reuniones PSP pueden realizarse en cualquier momento de la obra. Siempre que se requiera, deben estar disponibles todos los antecedentes necesarios para volver a planificar o cambiar cualquiera de estas aristas. Los profesionales de obra tienen la responsabilidad de cumplir con lo Pactado en las reuniones y de comunicar a tiempo cualquier cambio que pueda afectar a lo Pactado o estipulado.

4.3.7 Reunión PI (Planificación Intermedia)

En la reunión PI, es importante que los integrantes estén al tanto de los avances y los posibles retrasos en la obra, de manera que se puedan tomar decisiones acertadas para mantener el proyecto en el rumbo correcto. Para ello, se revisa la LOB (lista de objetivos a largo plazo) a 12 semanas, para identificar las funciones y tareas que se deben llevar a cabo en ese periodo. Además, se analiza el avance de obra, que se refleja en la planilla de

Terminalidad, la cual permite medir el progreso de la obra en términos macro y determinar el porcentaje de terminación del proyecto.

En la reunión PI se abordan diversas áreas de la obra. Por ejemplo, se revisa si los materiales necesarios para las próximas semanas están disponibles y en orden, y si se necesitan hacer nuevas revisiones de los antecedentes para asegurar la correcta ejecución de la obra. En el caso de la bodega, se verifica si los proveedores están entregando los materiales necesarios en los plazos acordados, o si existen problemas de stock o despacho que deban ser abordados.

La prevención de riesgos es otra área crucial en la reunión PI, donde se revisa toda la información relacionada con las planificaciones y se analizan las posibles acciones que no cumplan con los estándares de seguridad requeridos. El prevencionista debe intervenir en caso de que existan riesgos o situaciones peligrosas en la obra, y debe pedir todo lo necesario para que cada faena se realice con la mayor seguridad posible, evitando cualquier incidente o accidente.

El encargado de calidad también juega un papel importante en la reunión PI, pues debe revisar toda la información relacionada con los materiales y los procesos constructivos, y proyectar la calidad de la obra con anticipación, a fin de asegurar que se cumplan los estándares de calidad requeridos para el proyecto.

Por último, el administrativo técnico tiene la tarea de mantener los contratos relacionados con todo el personal del proyecto, revisando plazos y avisando de cualquier inconveniente en las contrataciones o en el personal, para evitar posibles retrasos.

Es importante destacar que la reunión PI se lleva a cabo en modalidad de mesa redonda, donde todos los participantes deben ser escuchados y sus puntos de vista considerados. En caso de que sea necesario, se deben volver a plantear los puntos que se deban hacer, y es fundamental que se llegue a acuerdos y se establezcan fechas límites para la solución de cada caso. De esta forma, se asegura que la reunión sea efectiva y se tomen las mejores decisiones para el avance del proyecto.

4.3.8 La Reunión PS (Planificación Semanal)

La Reunión PS (Planificación Semanal) es fundamental para la gestión de un proyecto de construcción exitoso. En esta reunión, se revisa la planificación previamente preparada por el planificador, jefe de obra y profesional de terreno, la cual debe estar analizada y lista para ser discutida en la reunión. Los participantes de la reunión incluyen al administrador de obra, profesional de terreno, planificador de obra, encargado de calidad, prevencionista de riesgo, jefe de obra, administrativo técnico, encargado de bodega, capataces y subcontratos. La reunión se realiza semanalmente, preferiblemente los viernes al final del día.

Uno de los principales objetivos de la Reunión PS es revisar el Porcentaje de Cumplimiento (PAC) y los gráficos de las partidas de trabajo. Además, se analizan las Causas de No Cumplimiento (CNC) de los paquetes de trabajo, se recopila información sobre el control de gestión y calidad, y se promueve el análisis de las causas raíz de los problemas de cumplimiento. También se evalúa la capacidad de recursos para asegurarse de que se estén utilizando de manera efectiva.

Durante la reunión, se deben corregir cualquier modificación que se presente y se consulta a los capataces para asegurarse de que estén comprometidos con lo programado, con el fin de mantener en buenos índices el PAC del proyecto. Es importante que todos los participantes tengan la oportunidad de hablar y compartir sus ideas y sugerencias, para que se puedan tomar las mejores decisiones para el proyecto.

Además, en la reunión también se discuten otros temas importantes, como los problemas que hayan surgido durante la semana, las medidas preventivas a implementar para garantizar la seguridad en la obra, el estado de los materiales y la logística para su transporte y almacenamiento en bodega, entre otros temas que puedan ser relevantes para el proyecto.

4.4 Caso de estudio

4.4.1 Análisis previos de herramientas

Durante este proceso, nos centraremos en los datos que son esenciales para la planificación del proyecto. Nuestro objetivo es estandarizar el tiempo de desarrollo de cada obra, utilizando como unidad de medida el número de semanas. Es importante señalar que la semana 1 marca el inicio de cada proyecto.

Para lograr una planificación y análisis efectivos, emplearemos diversas herramientas y técnicas. Estas incluyen la Línea de Balance (LOB), Planificaciones Semanales (PS), el Diagrama Ishikawa para análisis, y la identificación de desviaciones y Causas de No Cumplimiento (CNC).

En cuanto al seguimiento, se analizarán los Porcentajes de Cumplimiento Semanal (PAC) tanto de obra gruesa como de terminaciones. Esta evaluación se realizará en distintas fases del proyecto: primero la obra gruesa antes de las terminaciones, luego la obra gruesa junto con las terminaciones, y finalmente, solo las terminaciones.

Para una evaluación más detallada, utilizaremos herramientas estadísticas como la Media, Desviación Estándar, Coeficiente de Variación y la Pendiente para analizar los porcentajes de cumplimiento. A continuación, se detallan los parámetros de evaluación para cada una de estas herramientas:

Media:

- Bajo rendimiento: Si es menor o igual al 70%.
- Aceptable: Si oscila entre el 70% y el 75%.
- Destacado: Si supera el 75%.

Desviación Estándar:

- Bajo rendimiento: Si es mayor o igual a 0,15.
- Aceptable: Si se encuentra entre 0,10 y 0,15.
- Destacado: Si es menor a 0,10.

Coefficiente de Variación:

- Bajo rendimiento: Si es mayor o igual a 0,20.
- Aceptable: Si oscila entre 0,15 y 0,20.
- Destacado: Si es menor a 0,15.

Pendiente:

- Bajo rendimiento: Si es menor o igual a -0,02.
- Aceptable: Si se encuentra entre -0,02 y 0,01.
- Destacado: Si supera el 0,01.

Desviación Estándar de la Media:

- Bajo rendimiento: Si es mayor o igual a 0,30.
- Aceptable: Si varía entre 0,20 y 0,30.
- Destacado: Si es menor a 0,20.

Estos criterios nos ayudarán a clasificar el rendimiento en distintas categorías y a obtener una visión clara de los resultados.

4.4.2 Caso de estudio I: Walker Martínez

El proyecto Walker Martínez es un edificio construido por la Inmobiliaria y Constructora Socovesa. Está ubicado en la Avenida Walker Martínez, en la comuna de La Florida. Este proyecto consiste en un edificio residencial de 14 pisos, con un total de 131 departamentos y 151 estacionamientos. Se estima que la duración del proyecto será de aproximadamente 87 semanas, y cuenta con 2 niveles subterráneos. Con un total de 14,858 m² construidos.

Figura 4.1 LOB Rev 0 Walker Martínez.

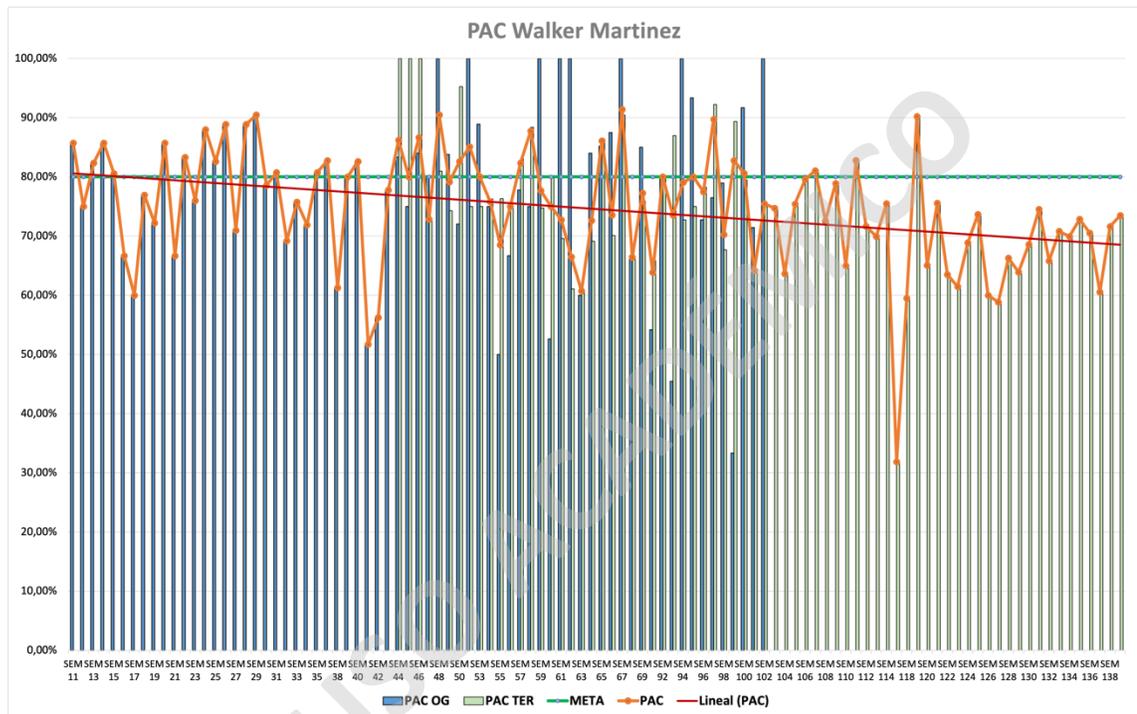


Nota. LOB Rev 0 Walker Martínez, facilitado por Socovesa.

4.4.2.1 PAC General Walker Martine

Análisis de Porcentaje de Cumplimiento general del proyecto Walker Martínez.

Figura 4.2 PAC General Walker Martínez.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	74,55%
Desviación Estándar	0,0974
Coefficiente de Variación	13,1%
Pendiente	-0,0012

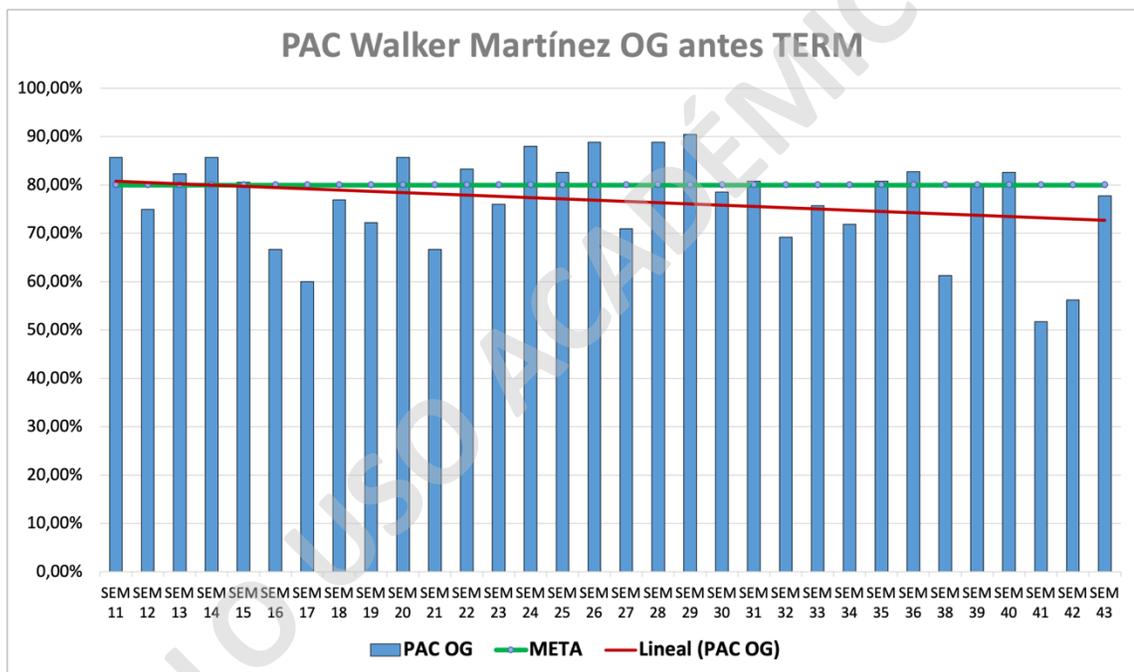
Según los datos analizados, que comprenden desde la semana 11 hasta la 138 del proyecto, se obtuvo un promedio de cumplimiento del 74,55%. Este porcentaje se ubica en la categoría de "Satisfactorio", denotando un desempeño sobresaliente. Cabe resaltar que la Desviación Estándar fue de 0,0974, lo cual se encuentra dentro del rango aceptable, mostrando una variabilidad moderada en los resultados

El Coeficiente de Variación, que mide la variabilidad relativa, ha sido del 13,1%. Este valor se encuentra dentro de la categoría "Aceptable", lo que indica que los resultados semanales son estables y consistentes a lo largo de la obra. Esto es positivo para el proyecto, aunque se observa una ligera tendencia negativa, con una pendiente de -0,0012. Sin embargo, dicha tendencia se considera dentro del rango aceptable.

4.4.2.2 PAC Obra Gruesa Walker Martínez

Se revisa los indicadores de rendimiento en la fase de obra gruesa antes del comienzo de las terminaciones del proyecto Walker Martínez

Figura 4.3 PAC Walker Martínez obra gruesa antes de terminación.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

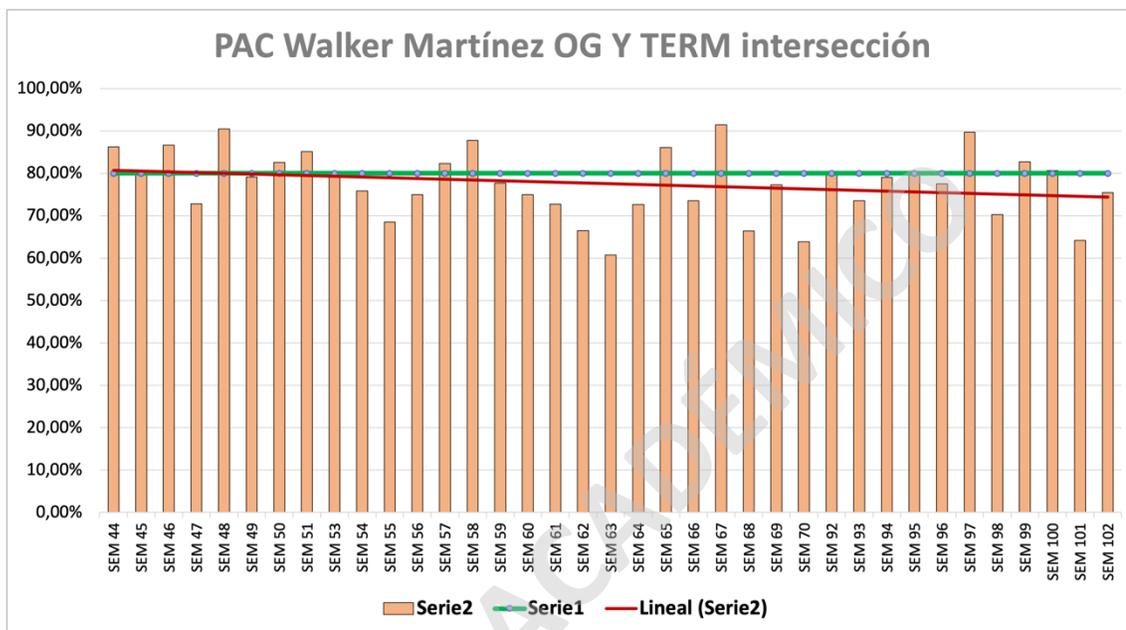
Resultados:

Media:	76,75%
Desviación Estándar:	0,0984
Coefficiente de Variación:	12,8%
Pendiente:	-0,0026

4.4.2.3 PAC intersección Walker Martínez

Se procede a analizar el Porcentaje de Cumplimiento general del proyecto Walker Martínez, en este punto se analizará la intersección de la obra gruesa y las terminaciones, estas generadas entre la semana 44 y semana 102.

Figura 4.4 PAC Walker Martínez, obra gruesa y terminaciones en intersección.



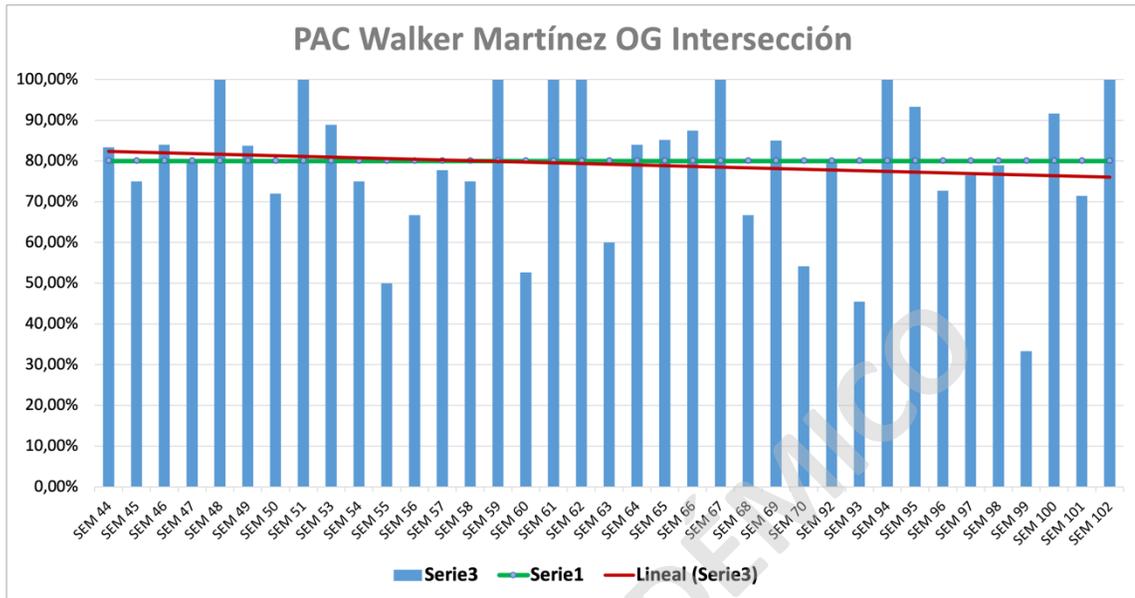
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	77,55%
Desviación Estándar	0,0776
Coefficiente de Variación	10,0%
Pendiente	-0,0018

Al analizar el rendimiento general entre las semanas 44 y 102, la media se establece en un 77,55%. Este porcentaje cae dentro de la categoría "Destacado", evidenciando un progreso sobresaliente en las fases integradas del proyecto. Además, con una Desviación Estándar de 0,0776, el rendimiento se clasifica como "Destacado". El Coeficiente de Variación del 10,0% se sitúa en la categoría "Destacado", lo que señala una alta consistencia en los resultados semanales. Sin embargo, la pendiente de -0,0018 apunta a una disminución ligera, aun estando dentro del rango aceptable.

Figura 4.5 PAC Walker Martínez, obra gruesa en intersección.



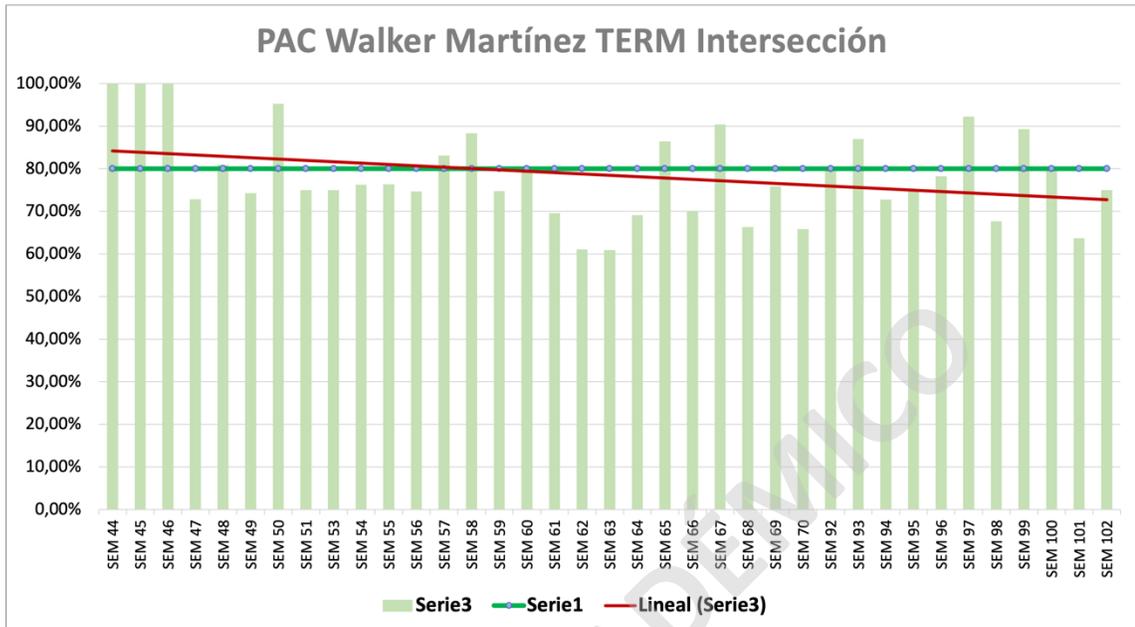
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	79,19%
Desviación Estándar	0,1705
Coefficiente de Variación	21,5%
Pendiente	-0,0017

A pesar de estar en la intersección, se ha obtenido una media de 79,19% en puntos críticos de la obra gruesa, categorizándose como "Destacado". Sin embargo, con una Desviación Estándar de 0,1705, este aspecto se considera de "Bajo rendimiento". El Coeficiente de Variación, al ser del 21,5%, está en la categoría "Bajo rendimiento", sugiriendo que hay una variabilidad significativa en el rendimiento en estas áreas críticas. Aunque la pendiente de -0,0017 está dentro del rango aceptable, indica una tendencia negativa ligera.

Figura 4.6 PAC Walker Martínez, obra gruesa en intersección.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

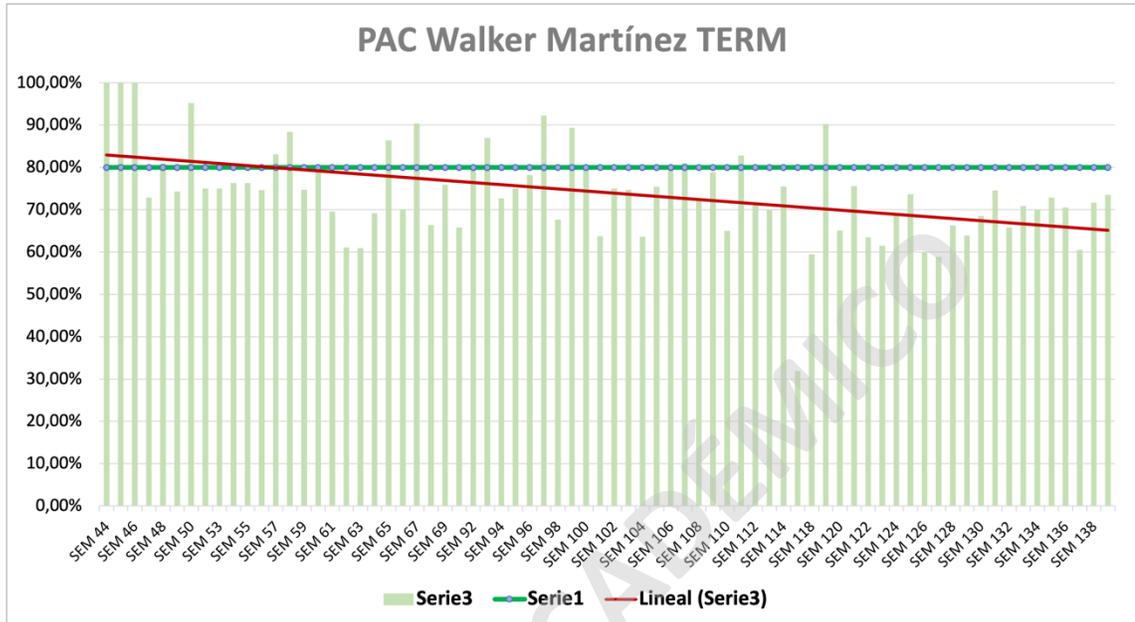
Resultados:

Media	78,46%
Desviación Estándar	0,1061
Coefficiente de Variación	13,5%
Pendiente	-0,0032

En las áreas listas para terminaciones, la media del rendimiento es del 78,46%, clasificándose como "Destacado". La Desviación Estándar de 0,1061 se considera "Aceptable", lo que significa que, aunque hay fluctuaciones, están dentro de un rango aceptable. El Coeficiente de Variación es del 13,5%, categorizado como "Aceptable", señalando una estabilidad adecuada en los resultados semanales. La pendiente de -0,0032, aunque aún en el rango aceptable, tiende de forma negativa.

4.4.2.4 PAC Terminaciones Walker Martínez

Figura 4.7 PAC Walker Martínez, Terminaciones.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	74,04%
Desviación Estándar	0,1108
Coefficiente de Variación	15,0%
Pendiente	-0,0025

Al evaluar las terminaciones desde la semana 44 hasta la 138, el proyecto Walker Martínez presenta una media del 74,04%, clasificada como "Aceptable". La Desviación Estándar se sitúa en 0,1108, categorizada igualmente como "Aceptable", lo que implica una fluctuación moderada en las actividades semanales. El Coeficiente de Variación es del 15,0%, indicando una variabilidad relativa que cae dentro del rango "Aceptable", asegurando estabilidad en las operaciones de terminación a lo largo de este período.

Aunque el rendimiento general es coherente, se identifica una pendiente de -0,0025, reflejando una tendencia negativa en el avance, aunque permanece dentro de los límites permisibles. Este análisis subraya un progreso constante en las terminaciones, aunque se requiere vigilancia en la trayectoria decreciente observada.

4.4.2.5 Reflexión

En una visión general, el proyecto, aunque es principiante en Lean Construction, ha manejado términos muy aceptables en la implementación, en la revisión de la documentación, planificación diaria y datos generales, como el Porcentaje de Cumplimiento (PAC), que desde diferentes puntos de vista y la evaluación estadística presenta resultados bastante buenos, pero existen dos puntos importantes de considerar.

Primero es disminución de la Desviación Estándar y el coeficiente de variabilidad de la obra gruesa, esta al integrarse las partidas de terminaciones, lo que sugiere que los recursos fueron prioridad en este ámbito, es en las terminaciones donde la Desviación Estándar y el coeficiente de variabilidad son los puntos más altos y a su vez en la obra gruesa los más bajos.

Figura 4.8 Datos estadísticos.

Walker Martínez	Obra General sem 11 a 138	Obra Gruesa antes de terminaciones	Intersección de obra gruesa y terminaciones	Intersección obra gruesa	Intersección terminaciones	Terminaciones
Media	74,55%	76,75%	77,55%	79,19%	78,46%	74,04%
Desviación estándar	0,0974	0,0984	0,0776	0,1705	0,1061	0,1108
Coefficiente de variación	13,1%	12,8%	10,0%	21,5%	13,5%	15,0%
Pendiente	-0,0012	-0,0026	-0,0018	-0,0017	-0,0032	-0,0025

Nota. Cuadro de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Segundo, es importante destacar que el proyecto ha experimentado algunos retrasos en su fecha de finalización. Inicialmente, se planificó que el proyecto se completara en la semana 87, según la Line of Balance 0 (LOB Rev 0). Sin embargo, durante la semana 43, se realizaron cambios en la distribución de las actividades, lo que resultó en una nueva fecha de finalización en la semana 89, conocida como LOB Rev 1.

Después, durante la semana 64, se realizaron más ajustes en las actividades, lo que llevó a establecer una fecha de finalización en la semana 101, creando así la LOB Rev 2.

Es importante mencionar que, hasta este punto, los retrasos en el proyecto no representaban un gran problema. Sin embargo, surgió un obstáculo adicional cuando las obras tuvieron que cerrarse debido a problemas sanitarios. Desde la primera semana de mayo, que se representa como la semana 71, se requirió el cierre de las obras de construcción, y se reactivaron 23 semanas después. La reactivación fue lenta, lo que provocó la última modificación durante la semana 92.

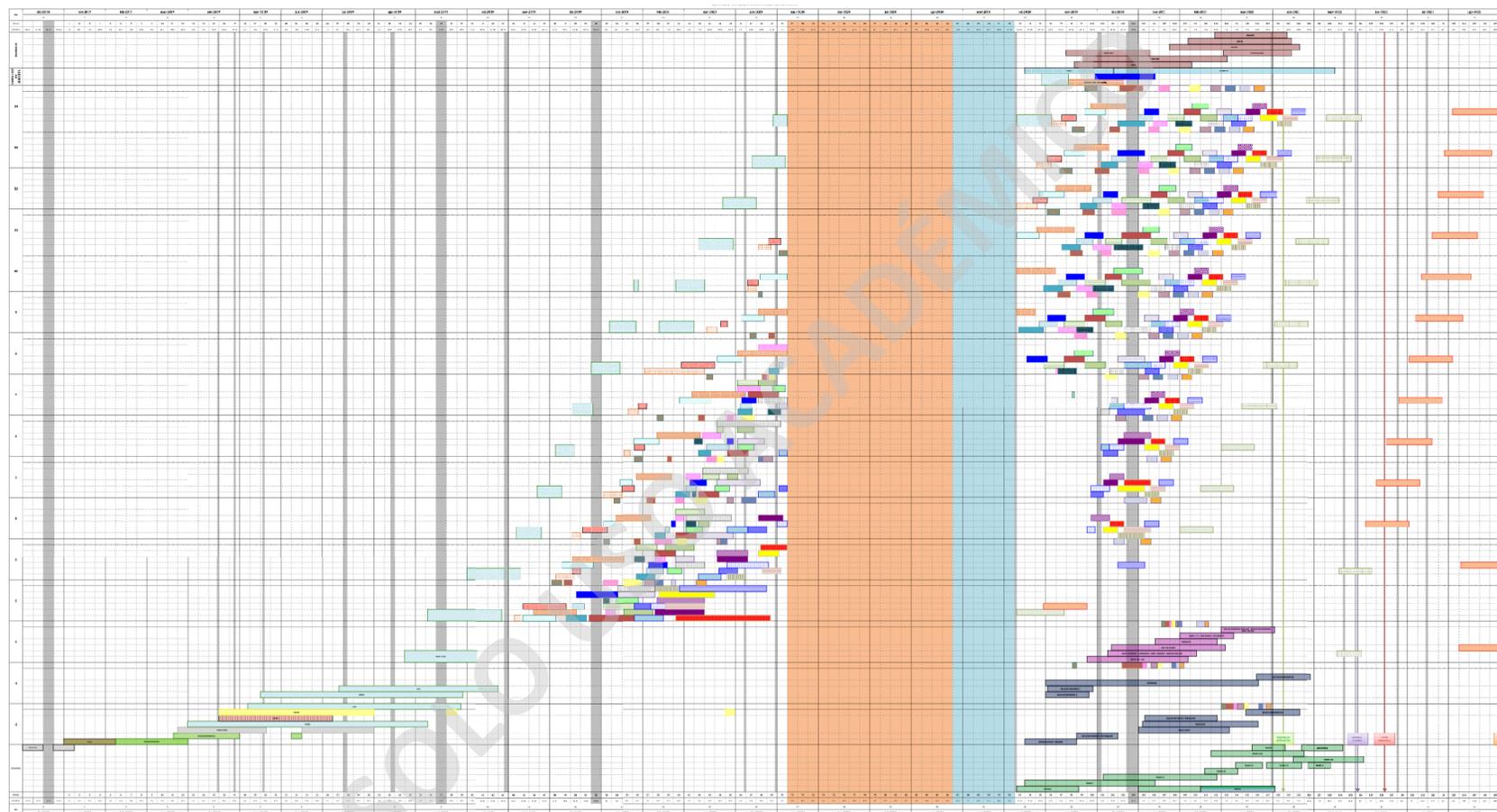
La programación de la obra se ha visto afectada por diferentes circunstancias que han llevado al cambio de la fecha de finalización. A pesar de estos cambios, la programación sigue siendo bastante eficiente, considerando el difícil contexto en el que se lleva a cabo el proyecto. Cumplir con las programaciones semanales no significa

necesariamente que el ritmo de la obra esté en buen estado. Es importante tener en cuenta que el cumplimiento semanal no siempre refleja la programación general, que es la Línea de Balance.

La programación iba bien hasta la semana 69, sin grandes problemas, cumpliendo con el ritmo establecido por la Línea de Balance. Sin embargo, esto cambió después del confinamiento en la semana 92, aproximadamente en la primera semana de octubre de 2020, momento en el cual se realizó la última planificación, LOB Rev 3, con una fecha de finalización en la semana 128.

SOLO USO ACADÉMICO

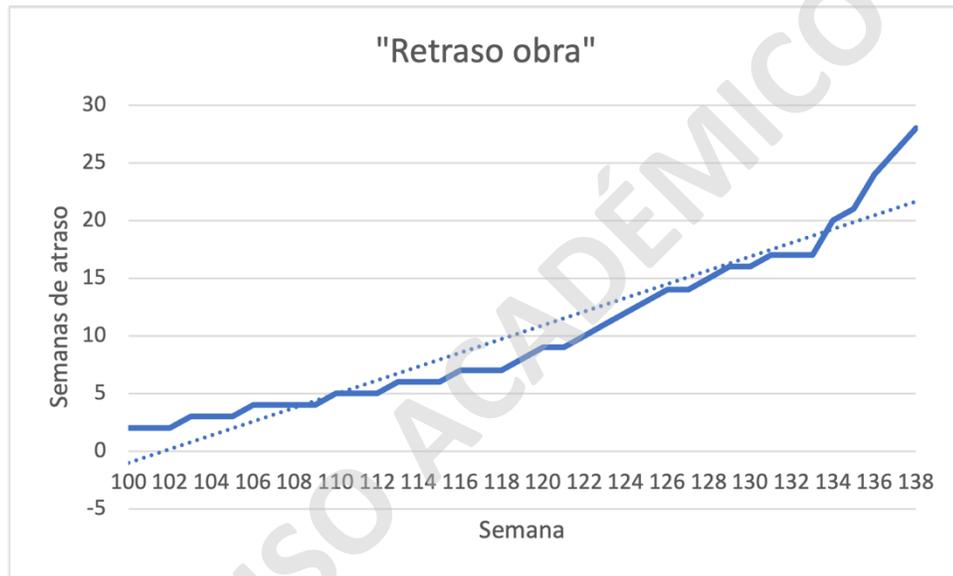
Figura 4.9 LOB Rev 3 Proyecto Walker Martínez.



Nota. LOB Rev 3 Walker Martínez, facilitado por Socovesa

Después de levantar las restricciones por el confinamiento, el proyecto pudo retomar el ritmo establecido previamente. No obstante, a medida que avanzaban las semanas, se evidenció que las programaciones se estaban retrasando en comparación con la Línea de Balance 03. Para la semana 107, ya existía un retraso de 4 semanas con respecto a lo planificado. Este retraso aumentó a 6 semanas para la semana 114, 9 semanas para la semana 121 y 17 semanas para la semana 128. Finalmente, en la semana 138, cuando se finalizó la obra, se acumulaba un retraso total de 28 semanas desde la última programación.

Figura 4.10 Evolución de retraso en obra.

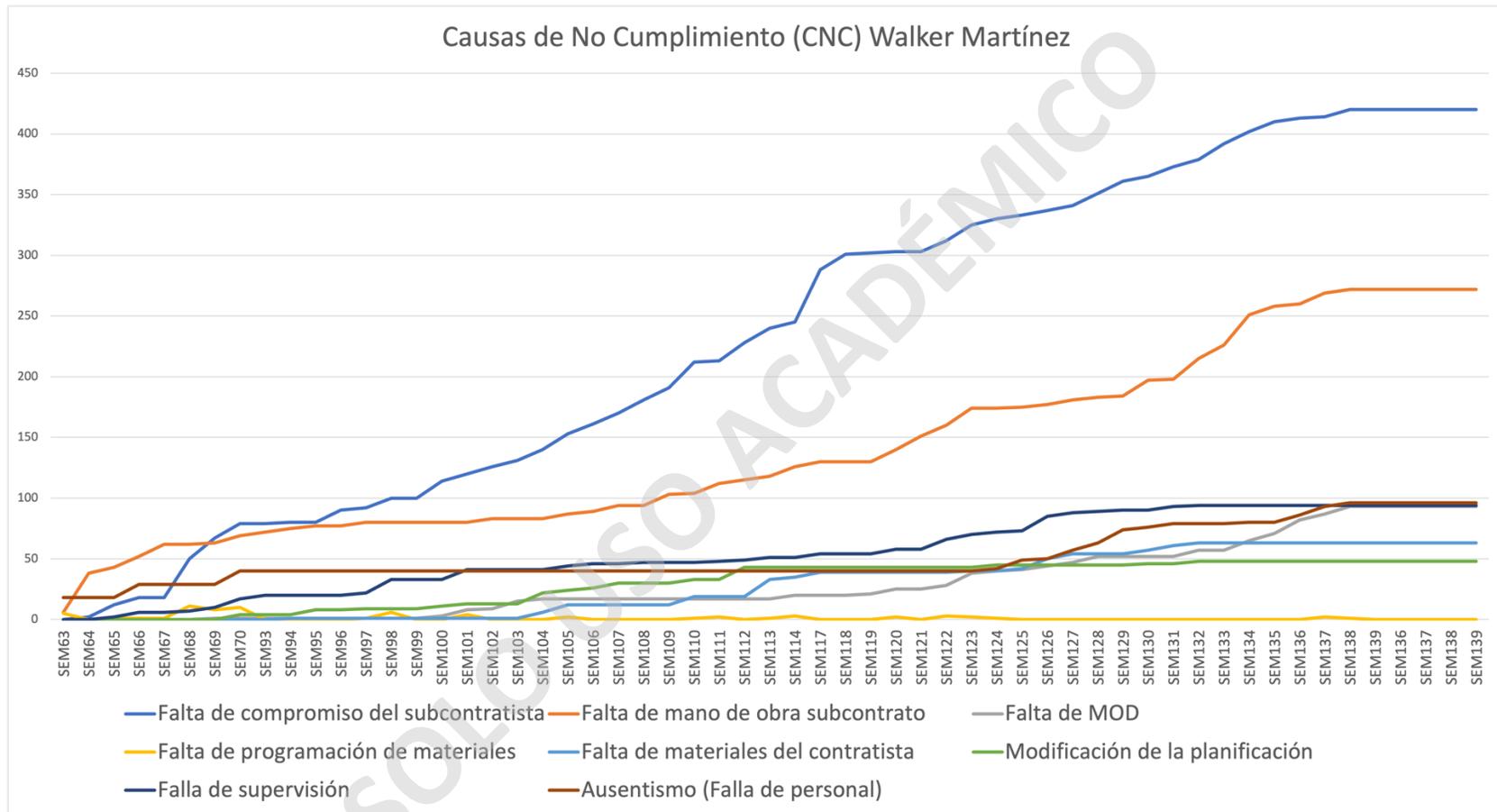


Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Es fundamental tener en cuenta que este retraso en la fecha de finalización del proyecto, desde la semana 87 hasta la semana 138, es un período considerable que no se puede pasar por alto.

El desenlace final de la obra revela varias deficiencias que impidieron mantener el ritmo necesario. Entre estas deficiencias se encontraron problemas de suministro de materiales, dificultades en los pedidos y la falta de personal. Tanto los subcontratistas como los contratistas directos, también comenzaron a aumentar los precios de algunos artículos, lo cual generó una serie de efectos post pandemia que afectaron el proyecto.

Figura 4.11 Causas de No Cumplimiento de semana 63 a semana 138.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa

En los registros del proyecto, se identificaron dos factores fundamentales que contribuyeron al incumplimiento del ritmo. En primer lugar, se detectó una falta de compromiso por parte de los subcontratistas, lo que afectó tanto el suministro de mano de obra como de materiales, así como el cumplimiento de los plazos de entrega. Además, hubo escasez de personal contratado y de mano de obra directa de la empresa. Otro aspecto importante fue la falta de programación adecuada de los materiales desde la bodega de la obra, así como problemas con la gestión del contratista, tal como se mencionó anteriormente. Estas circunstancias llevaron a modificaciones constantes en la planificación, lo cual resultó especialmente complicado debido a la falta de experiencia en situaciones similares a nivel nacional.

Es comprensible que la coordinación con los proveedores y los contratistas se volviera difícil e impredecible en estas circunstancias excepcionales. Por lo tanto, las modificaciones en la planificación se convirtieron en una necesidad constante y en un desafío importante para el proyecto. A pesar de esto, es importante resaltar que se observó una tendencia positiva hacia la adaptación y la búsqueda de soluciones a medida que se adquiría más experiencia en este tipo de situaciones.

4.4.3 Caso de estudio II: Juan Mitjans

El "Proyecto Juan Mitjans" representa una iniciativa de construcción que comprende dos torres residenciales en la comuna de Macul, ubicada en la Región Metropolitana. Esta iniciativa fue promovida por la inmobiliaria Pilares y llevada a cabo por la constructora Socovesa, desarrollándose en dos fases.

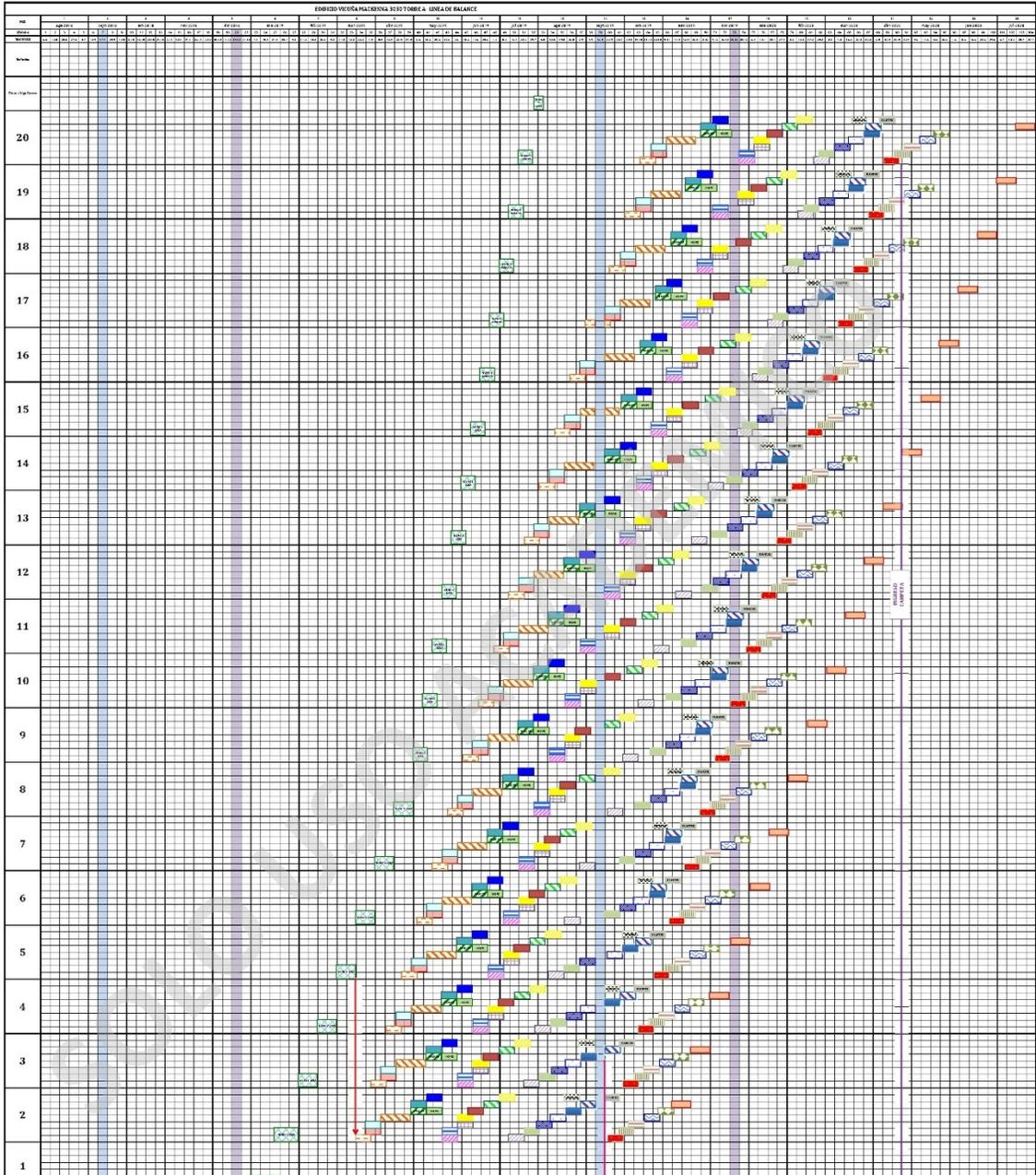
La primera torre, que constituye la primera fase, se compone de 20 pisos y un nivel subterráneo. La segunda fase, por otro lado, también incluye un edificio de 20 pisos, pero con la particularidad de contar con dos niveles subterráneos.

El inicio del proyecto se marcó con la construcción de la primera fase y la totalidad del nivel subterráneo. La torre a desarrollar contempla la construcción de 233 departamentos.

Adicionalmente, el edificio dispone de 238 estacionamientos, y 186 bodegas. En total, el proyecto abarcará una superficie construida de 28.954,9 m².

Para llevar a cabo este proyecto, se ha establecido una programación inicial de 99 semanas en total.

Figura 4.12 Line of Balance Torre A Juan Mitjans.

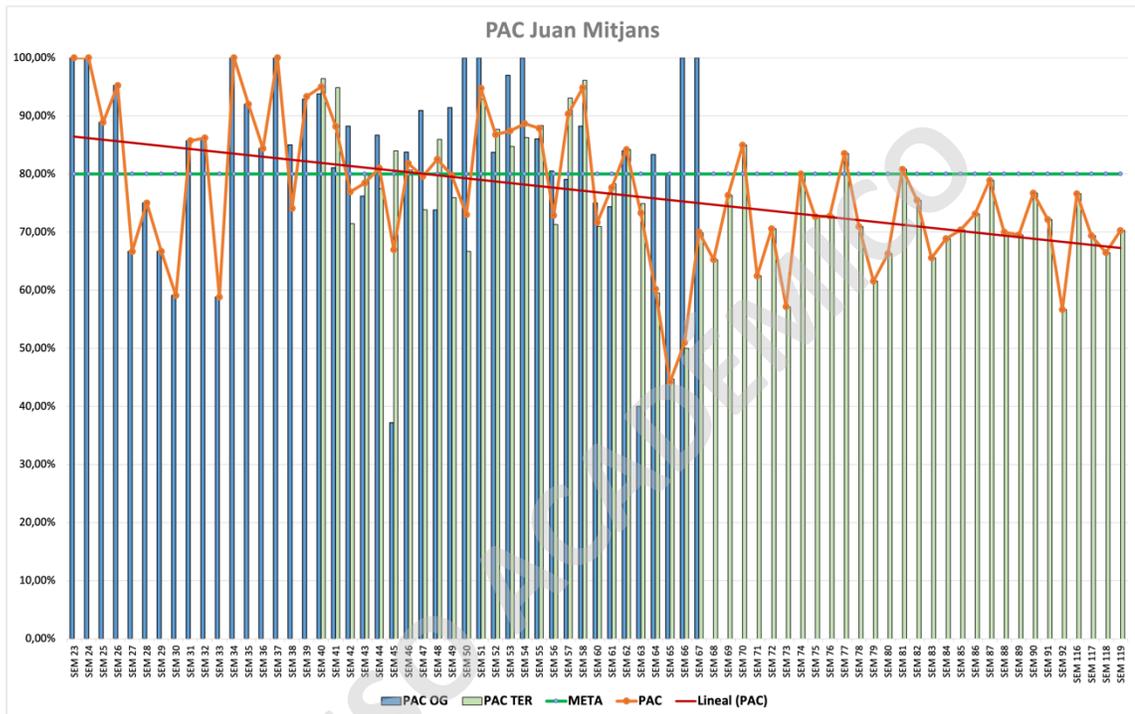


Nota. Line of Balance Torre A Juan Mitjans, facilitado por Socovesa.

4.4.3.1 PAC General Juan Mitjans

Se procede a revisar el desempeño general del proyecto, tomando en consideración el período desde la semana 23 hasta la 119.

Figura 4.13 PAC General Juan Mitjans.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	76,85%
Desviación Estándar	0,1216
Coefficiente de Variación	15,8%
Pendiente	-0,0027

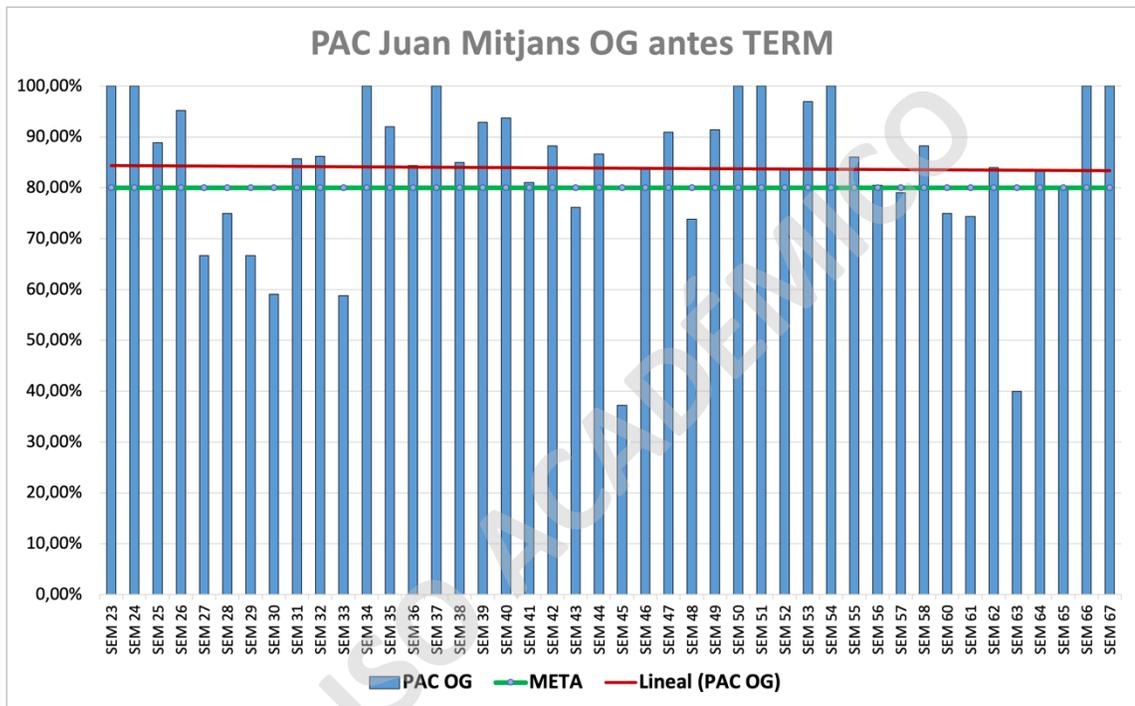
Durante este lapso, se registró una media de cumplimiento del 76,85%, lo cual se categoriza como "Destacado", reflejando un avance bueno en términos simples, en las fases de obra gruesa y terminaciones. La Desviación Estándar resultó ser 0,1216, situándose dentro del rango "Aceptable", lo que denota una variabilidad moderada en los rendimientos semanales.

Además, se identificó un Coeficiente de Variación del 15,8%, lo que indica la precisión que la categoriza como "Aceptable". Esto sugiere una estabilidad y consistencia

relativa en los resultados a lo largo del proyecto. No obstante, es crucial observar una tendencia negativa con una pendiente de $-0,0027$, aunque esta sigue estando en un rango considerado aceptable.

4.4.3.2 PAC Obra Gruesa Juan Mitjans

Figura 4.14 PAC Obra Gruesa Juan Mitjans.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	84,50%
Desviación Estándar	0,1427
Coefficiente de Variación	16,9%
Pendiente	0,0009

Al analizar el rendimiento de las actividades en la fase de obra gruesa del proyecto de edificación, que comprende desde la semana 23 hasta la 67, se obtuvo una media de cumplimiento del 84,50%. Dicha cifra se posiciona dentro de la categoría "Destacado", reflejando un progreso por sobre el 80% estimado como meta para el proceso.

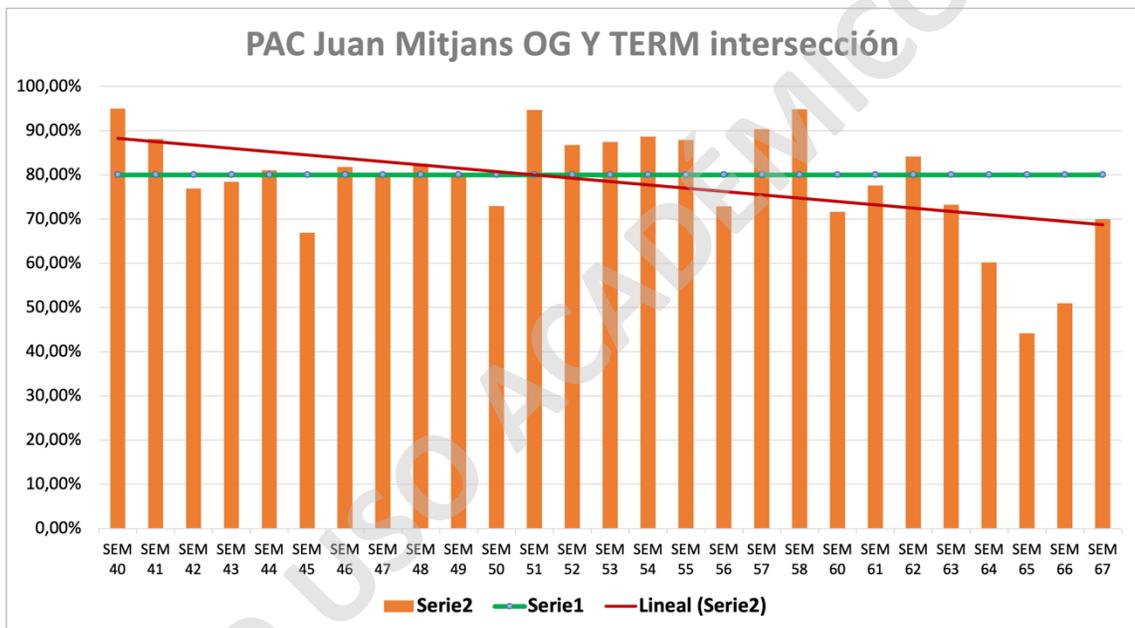
La Desviación Estándar, situada en 0,1427, cae dentro del rango "Aceptable". Esta métrica revela una variabilidad en el rendimiento ligeramente elevada, aunque aún en

parámetros aceptables. El Coeficiente de Variación, que indica la precisión, calculado en 16,9%, indica una variabilidad relativa "Aceptable", mostrando cierta consistencia en los resultados semanales. La pendiente, con un valor de -0,0009, destaca una pequeña tendencia negativa, pero todavía se sitúa dentro de los límites aceptables.

4.4.3.3 PAC intersección Juan Mitjans

En la fase de intersección, abarcando las semanas 40 a 67, se efectúa una revisión del avance considerando la confluencia de la obra gruesa y terminaciones:

Figura 4.15 PAC Juan Mitjans, obra gruesa y terminaciones en intersección.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

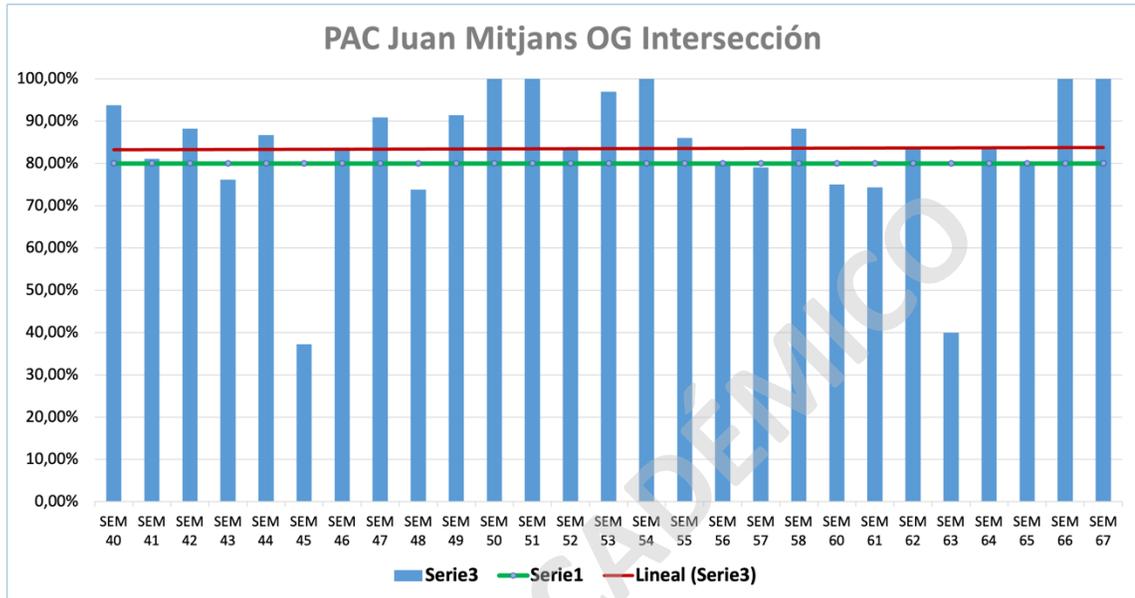
Resultados:

Media	78,47%
Desviación Estándar	0,1250
Coeficiente de Variación	15,9%
Pendiente	-0,0075

La media general de avance para ambas fases combinadas se sitúa en 78,47%, posicionándose en la categoría "Destacado". Con una Desviación Estándar de 0,1250, se refleja una variabilidad "Destacado", demostrando una consistencia sobresaliente en la ejecución. El Coeficiente de Variación, a 15,9%, que indica la precisión, se categoriza

como "Destacado", sugiriendo estabilidad en los resultados. No obstante, una pendiente de -0,0075 denota una tendencia decreciente en el progreso.

Figura 4.16 PAC Juan Mitjans, obra gruesa en intersección.



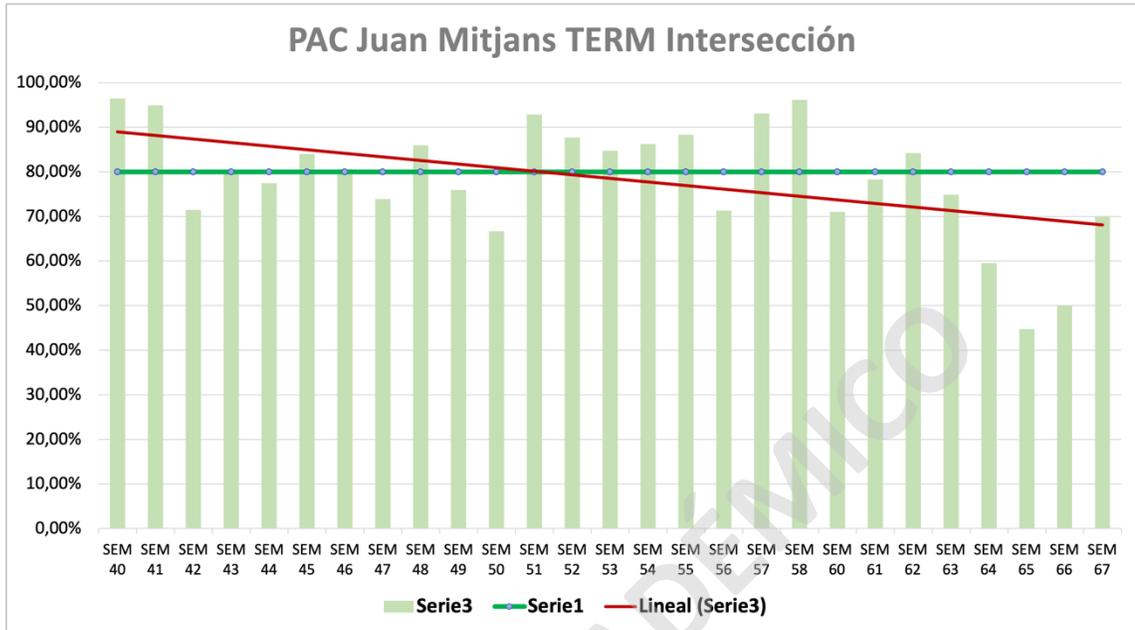
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	83,49%
Desviación Estándar	0,1546
Coefficiente de Variación	18,5%
Pendiente	0,0002

A pesar del solapamiento, las áreas cruciales de la obra gruesa presentan una media de 83,49%, catalogada como "Destacado". La Desviación Estándar, con 0,1546, cae en "Aceptable", mientras que el Coeficiente de Variación, a 18,5%, que indica la precisión, indica una variabilidad relativa "Aceptable". Es relevante señalar una pendiente positiva de 0,0002, mostrando un ligero incremento en el avance.

Figura 4.17 PAC Juan Mitjans, obra gruesa en intersección.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

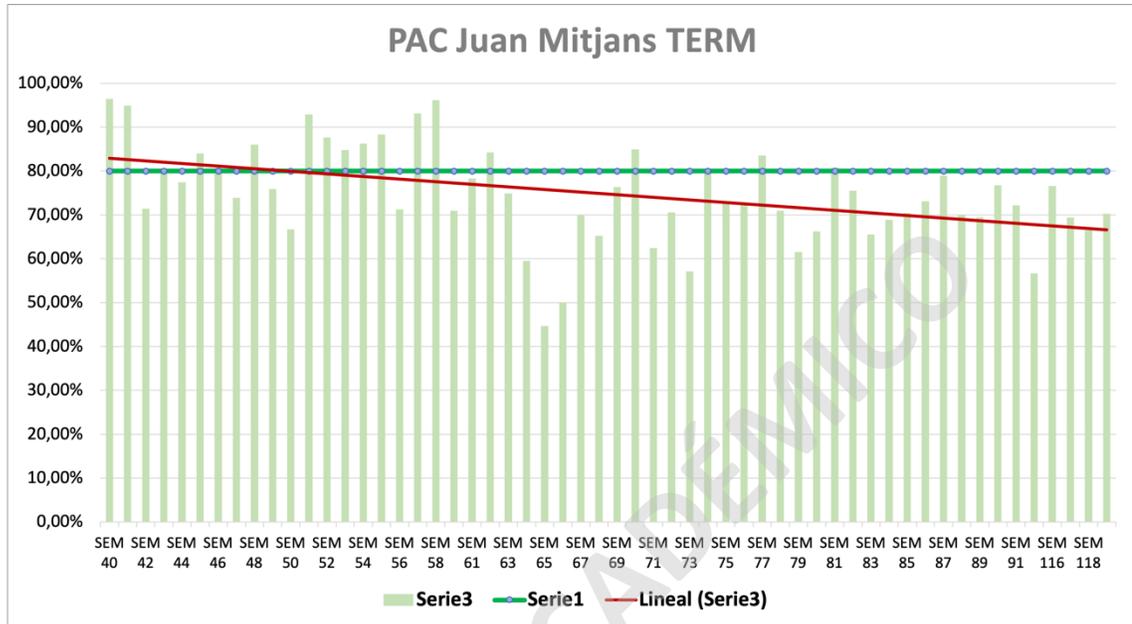
Resultados:

Media	78,52%
Desviación Estándar	0,1309
Coefficiente de Variación	16,7%
Pendiente	-0,0080

En cuanto a las terminaciones, la media se posiciona en 78,52%, clasificada como "Destacado". La Desviación Estándar de 0,1309 y el Coeficiente de Variación de 16,7% son considerados "Destacado". Sin embargo, una pendiente de -0,0080 resalta una tendencia descendente en el ritmo de finalización.

4.4.3.4 PAC Terminaciones Juan Mitjans

Figura 4.18 PAC Juan Mitjans, Terminaciones.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media:	74,04%
Desviación Estándar:	0,1108
Coefficiente de Variación:	15,0%
Pendiente:	-0,0025

El promedio de cumplimiento en este periodo fue de 74,04%, posicionándose en la categoría "Aceptable", lo que refleja un nivel de ejecución adecuado en las actividades finales del edificio. La Desviación Estándar, marcada en 0,1108, se ajusta al rango "Aceptable", señalando una consistencia en los resultados a lo largo de las semanas. El Coeficiente de Variación, ubicado en el 15,0%, sugiere una variabilidad relativa dentro del límite de aceptación, lo que apunta a la estabilidad en el progreso semanal. Sin embargo, una pendiente de -0,0025 refleja una tendencia negativa en el avance, aunque aún se encuentra dentro de los parámetros aceptables. La implementación de la Metodología Lean en esta fase podría ofrecer una mayor eficiencia en la ejecución de terminaciones.

4.4.3.5 Reflexión

Durante la obra gruesa, se observó un buen rendimiento, con un cumplimiento del PAC del 84,50%. Sin embargo, al entrar en la etapa donde la obra gruesa y las

terminaciones, el cumplimiento se mantuvo alto en un 83,49%. Estas cifras nos muestran que, a pesar de los cambios en la etapa de construcción, el equipo mantuvo un desempeño constante y eficiente.

Ahora, al analizar la variabilidad en los resultados, las cifras de 0,1485 durante la obra gruesa y 0,1546 en la intersección sugieren que hubo momentos en que los resultados variaron más de lo esperado. Estas variaciones podrían estar relacionadas con desafíos en la gestión de recursos o la adaptación a nuevas técnicas, entre otros desafíos cotidianos de la obra.

Además, las pendientes de -0,0075 y -0,0080 durante la fase de intersección indican un ligero declive en el ritmo de progreso. Esto podría haber sido causado por la coordinación entre diferentes equipos trabajando que se estarían integrando semana a semana a las nuevas tareas del proyecto.

Finalmente, al centrarnos en las terminaciones, vemos una Desviación Estándar de 0,1095, mostrando resultados bastante consistentes. Sin embargo, el coeficiente de variabilidad del 14,6% indica que aún hubo cierta dispersión en los resultados, pero esto es común al finalizar un proyecto donde diferentes áreas pueden avanzar a ritmos distintos.

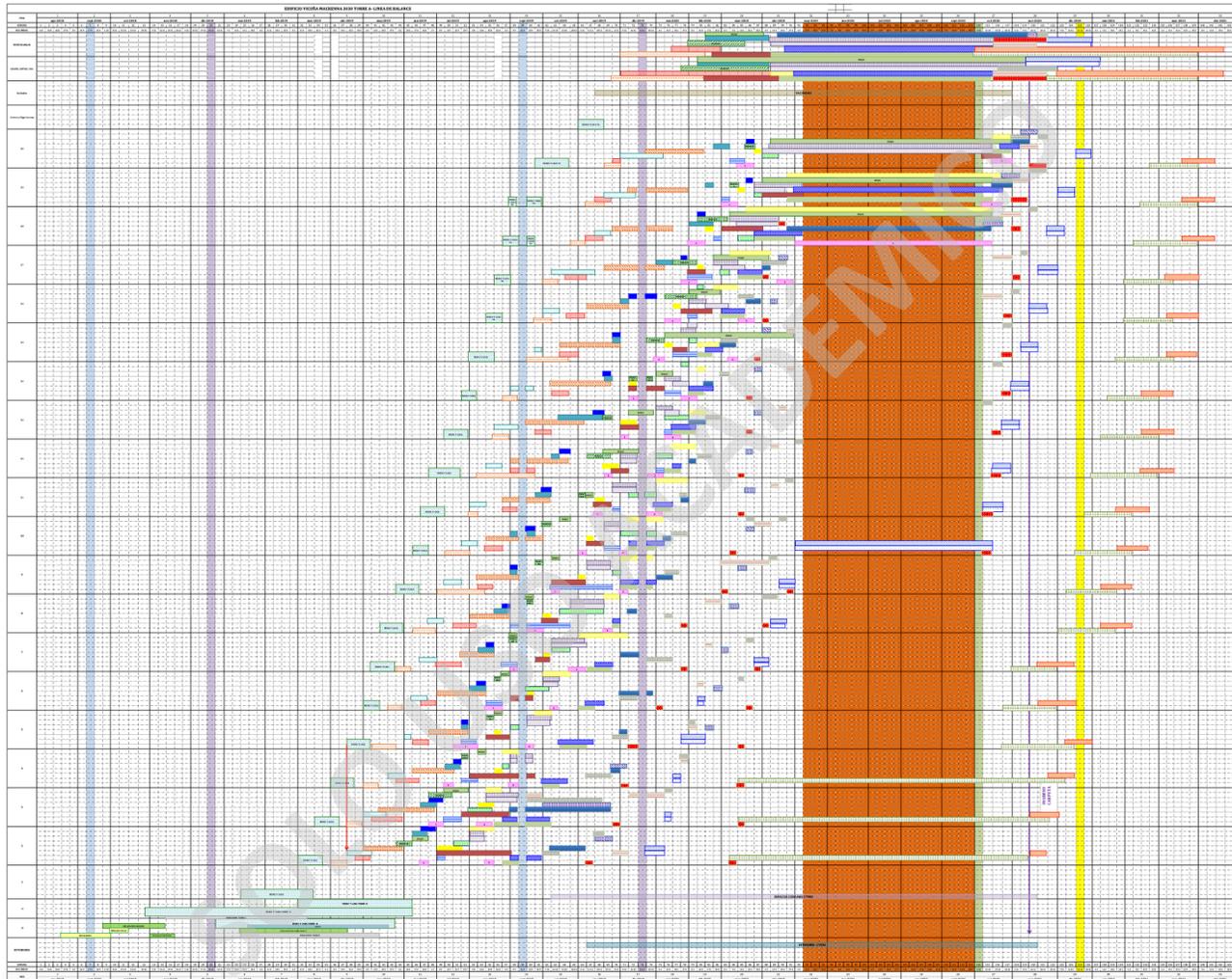
Figura 4.19 Datos estadísticos.

Juan Mitjans	Obra General	Obra Gruesa antes de terminaciones	Intersección de obra gruesa y terminaciones	Intersección obra gruesa	Intersección terminaciones	Terminaciones
Media	76,85%	83,88%	78,47%	83,49%	78,52%	74,74%
Desviación estandar	0,1216	0,1485	0,1250	0,1546	0,1309	0,1095
Coeficiente de variacion	15,83%	17,70%	15,92%	18,51%	16,67%	14,65%
Pendiente	-0,0027	-0,0002	-0,0075	0,0002	-0,0080	-0,0030

Nota. Cuadro de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

A pesar de los desafíos, como una paralización de 23 semanas debido a problemas sanitarios, el proyecto se adaptó. Se implementaron tres nuevas líneas de balance, dos antes del paro y una después, lo que permitió que, en términos reales, se cumpliera el plazo inicial propuesto para la obra.

Figura 4.20 LOB Juan Mitjans.



Nota. LOB Rev 3 Juan Mitjans, facilitado por Socovesa.

4.4.3.6 Visita Instituto Lean.

Así mismo, mientras el proyecto tomaba curso, la Subgerente de control gestión y planificación Daniela Bertín, encarga la visita del Instituto Lean Management, para el apoyo del pensamiento Lean y la evaluación desde el punto de vista de la experiencia, esta asociación tiene como misión la extensión y difusión del pensamiento Lean, apoya en su implementación y capacitación a todo nivel de esta Metodología.

En la visita, el señor Daniel Salinas, Ingeniero Civil de la Pontificie Universidad Católica de Chile y también director del Instituto Lean Management, realiza la evaluación de la obra como un consultor senior, este profesional con más de 10 años en la carrera de la mejora continua, evalúa el desempeño y Metodología.

Esta visita es realizada el día 22 de noviembre del 2019, esta corresponde en la LOB a la semana 68. En el contexto del proyecto, aparentemente no presenta atrasos generales, pero las obras exteriores debieron comenzar dos programaciones anteriores. Este equipo está cumpliendo con el objetivo general, es más en algunas partidas este adelantado de dos a tres semanas, claramente se ve un equipo consolidado y con experiencia para resolver la implementación Lean. Pero, no obstante, la Metodología Lean se trata de mejora continua.

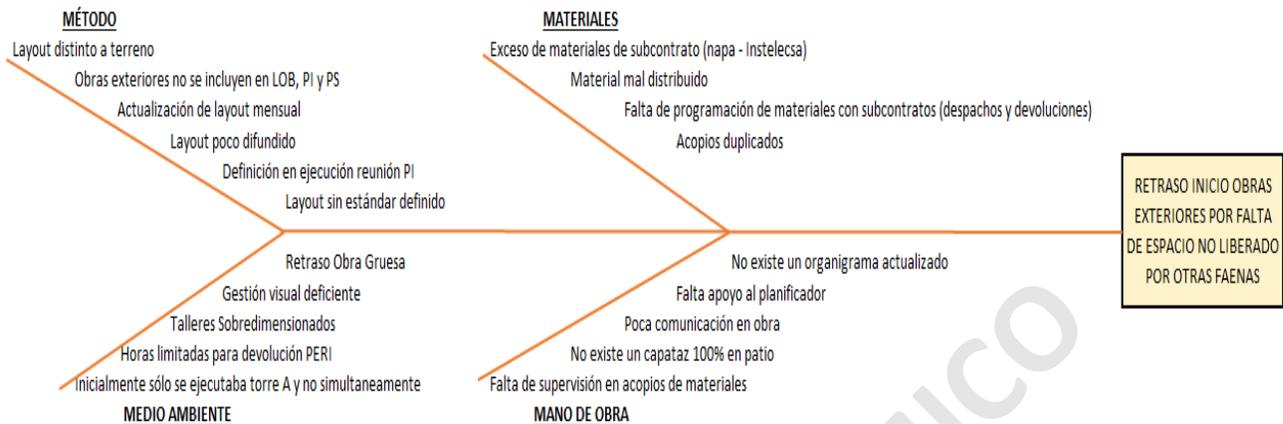
Daniel Salinas aporta lo siguiente:

“En visita a terreno se observa que los espacios utilizados para talleres y acopios de materiales impiden el inicio de las obras exteriores, provocando un potencial retraso en estas faenas. Nos encontramos además con sectores de acopios de materiales desordenados, con zonas vacías, acopios de moldajes y otros materiales de obra gruesa fuera de los espacios definidos para acopios. Talleres de contratistas inutilizados (ej. taller torno, armado tuberías Torre A). Además, debido al término de obra gruesa de Torre A, se encuentran sectores utilizados para acopios de materiales de moldajes Peri a desarmar y otros para devolver.”

Daniel, crea la necesidad de Just-in-Time (JIT), los sectores de acopio, talleres sin uso, desorden y materiales sin devolución, son una posible amenaza, no se está considerando el flujo de materiales, acopios y talleres, debieron estar solo en el momento necesario.

Durante la reunión y el análisis de terreno, se toma como objetivo reducir el retraso en la partida de las obras exteriores que aún no comienzan, también se detectan algunas debilidades que reflejo el análisis Ishikawa

Figura 4.21 Análisis Ishikawa Juan Mitjans.



Nota. Análisis Ishikawa Juan Mitjans, facilitado por Socovesa.

Se puede revisar que las causas lo siguiente:

PI Deficiente. Mejorar la preparación de al ingreso de las actividades del procedimiento PI, revisión de programa primera partida semana a semana, programa de exteriores y fachadas asegurando el control de avance, sincronizando programas sin cruce de actividades.

Frecuencia de actualización de Layout no es suficiente para reflejar realidad de la obra. Mantener actualizado el Layout de obra e intervenciones oportunas, esto a realizar en cada PI. Optimizar los espacios destinados a talleres y a acopios. Estandarización de del gestor visual del patio y difundir su contenido.

Organigrama de obra no contempla las necesidades del proyecto. Advertir oportunamente las demandas de personal del proyecto, actualizar organigrama cada mes, considerando las nuevas partidas y demandas de terreno. Mantener lo que indica el Layout de obra en terreno y advertir oportunamente los cambios necesarios, incluir en equipo a los capataces con cuadrillas para orden y aseo en los patios.

Falta de programación de materiales con subcontratos (despachos y devoluciones). Coordinar la llegada de los materiales de subcontrato y distribuir inmediatamente a los sectores designados, establecer calendarios de despachos de materiales a obra para subcontratos. Dar advertencia que los materiales llevan mucho tiempo en obra esperando ser devueltos, crear señal de alerta in situ en acopios de materiales para devolución. Evitar acopios improvisados en terreno, definir zona de acopio de materiales de subcontratos con previo traslado dentro de la obra.

Para levantar la observaciones realizadas y mejorar el estado de la obra se crea un plan de acción que asegure el seguimiento de estas.

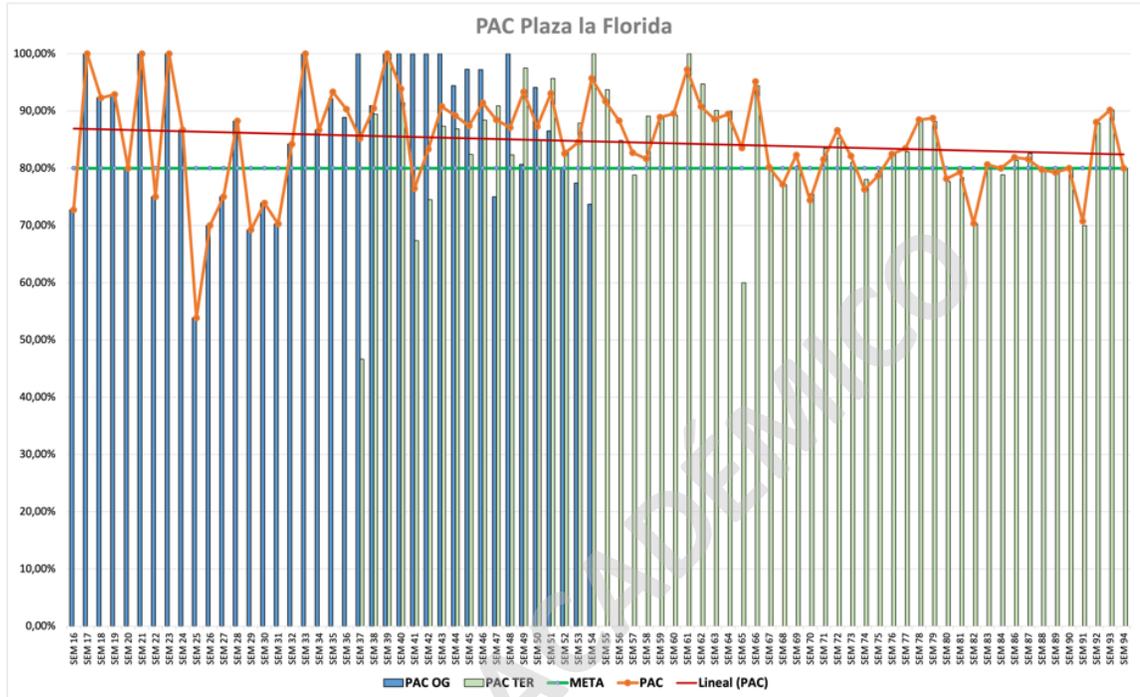
4.4.4 Caso de estudio III: Plaza la Florida

El proyecto Plaza la Florida es un edificio construido por la Inmobiliaria y Constructora Socovesa. Está ubicado en la Avenida La Florida, en la comuna de La Florida. Este proyecto consiste en un dos edificios residenciales de 10 pisos cada uno, de los cuales solo se analizará la primera torre, este cuenta con un total de 130 departamentos y se estima que la duración del proyecto será de aproximadamente 87 semanas, cuenta con 2 niveles subterráneos. Con un total de 24.987 m² construidos.

SOLO USO ACADÉMICO

4.4.4.1 PAC General Plaza la Florida

Figura 4.23 PAC Plaza la Florida.



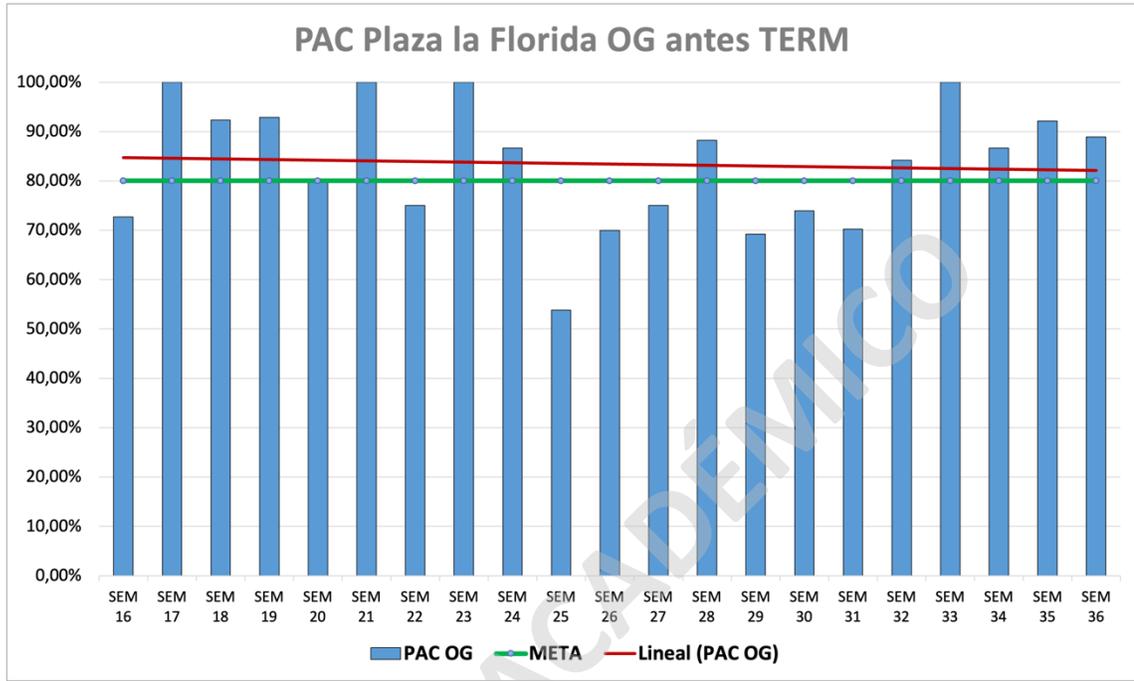
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media	84,67%
Desviación Estándar	0,0851
Coefficiente de Variación	10,05%
Pendiente	-0,0006

En la evaluación panorámica del proyecto desde su inicio hasta su conclusión, abarcando desde la semana 16 a la semana 94, se registró una media de cumplimiento del 84,67%. Dicha cifra supera el umbral para ser categorizada como "Destacado". Durante este periodo, la Desviación Estándar se situó en 0,0851, lo que se considera "Destacado", mostrando una notable cohesión en los resultados obtenidos a lo largo de las fases de obra gruesa y terminación. El Coeficiente de Variación, establecido en 10,05%, reafirma la consistencia en los resultados al caer nuevamente en la categoría "Destacado". A pesar de estos robustos indicadores, la pendiente de -0,0006 señala una leve tendencia negativa en el progreso, aunque aún dentro del rango "Aceptable".

4.4.4.2 PAC Obra Gruesa Juan Mitjans

Figura 4.24 PAC Obra Gruesa Plaza la Florida.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media	83,43%
Desviación Estándar	0,1266
Coefficiente de Variación	15,17%
Pendiente	-0,0013

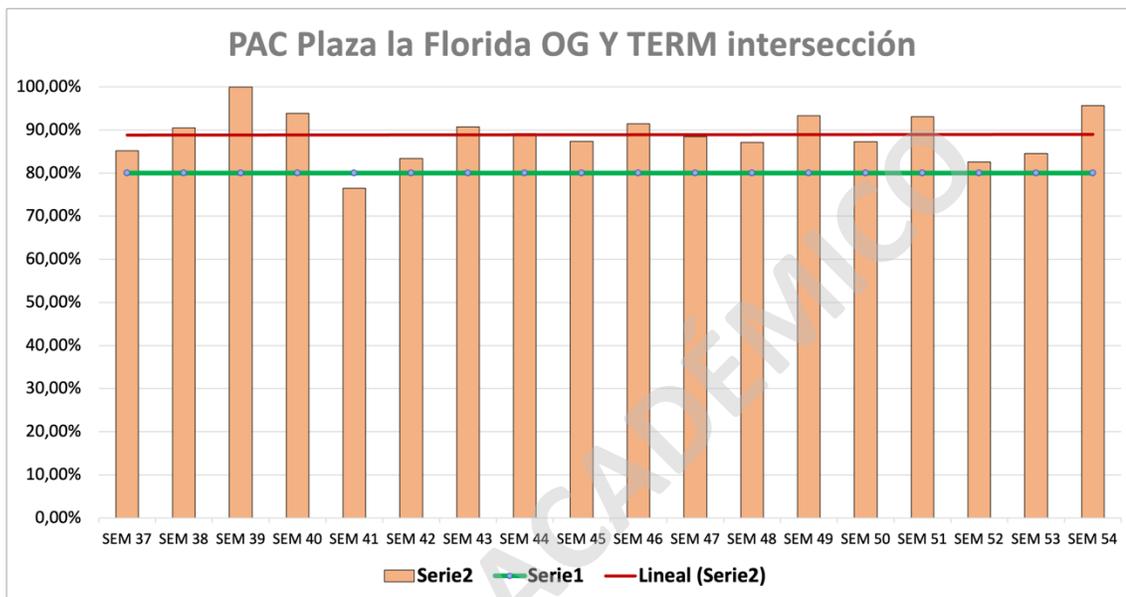
En el análisis efectuado entre las semanas 16 a 36, enfocado en la fase de obra gruesa del proyecto, se registró un promedio de cumplimiento del 83,43%. Esta tasa refleja un rendimiento "Destacado" en la etapa crucial donde se establecen los cimientos y estructuras principales del edificio. La Desviación Estándar, valorada en 0,1266, entra en la categoría "Aceptable", indicando una variabilidad moderada en los resultados a lo largo de esta fase. Por su parte, el Coeficiente de Variación se posiciona en 15,17%, situándose en el rango "Aceptable", lo que refleja que, aunque hay cierta variabilidad, la misma se mantiene dentro de parámetros controlados. Una pendiente de -0,0013 sugiere una leve declinación en el progreso, pero aún se considera aceptable en el contexto general.

4.4.4.3 PAC intersección Plaza la Florida

Durante el periodo que abarca desde la semana 37 a la 54 del proyecto, se encuentra una fase crítica conocida como la intersección. En este punto, las actividades

de obra gruesa aún en proceso se solapan con las terminaciones en diversas áreas del edificio. Esta etapa representa uno de los momentos más desafiantes en la construcción, ya que requiere de una coordinación excepcional para garantizar que ambas fases avancen con eficacia, evitando retrasos o fallos en la calidad.

Figura 4.25 PAC Plaza la Florida, obra gruesa y terminaciones en intersección.

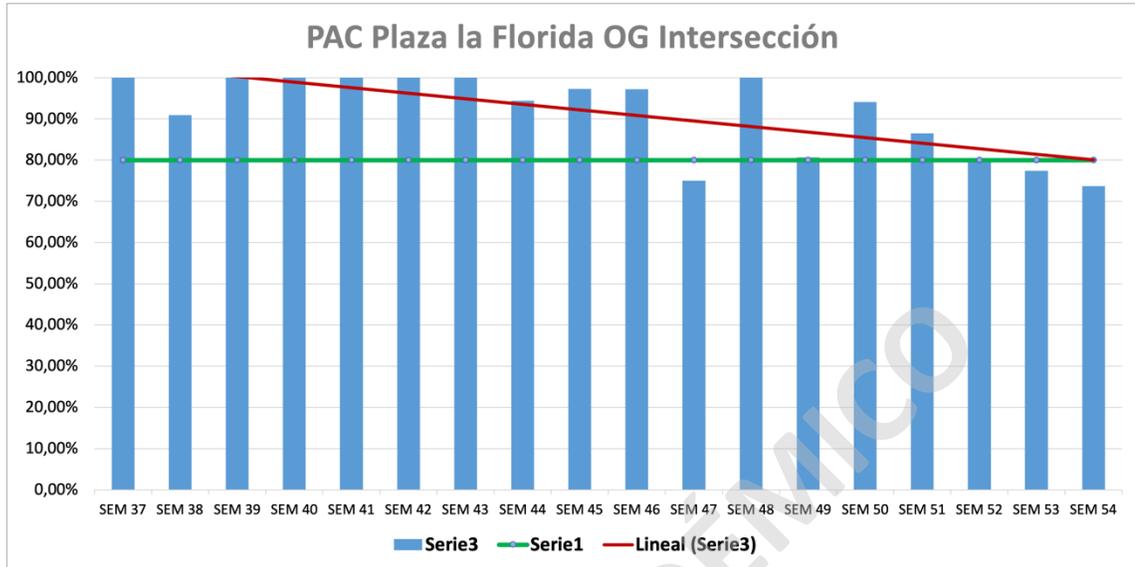


Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media	88,90%
Desviación Estándar	0,0548
Coefficiente de Variación	6,16%
Pendiente	0,0001

El análisis promedio, que engloba ambas fases, reporta una media de cumplimiento del 88,90%. Esta tasa, situándose claramente en la categoría de "Destacado", refleja una notable gestión y capacidad de la empresa para dirigir simultáneamente las labores de obra gruesa y terminaciones. Esta cifra se ve reforzada por una Desviación Estándar de 0,0548, que se posiciona dentro del rango de "Destacado". Esta baja variabilidad sugiere que, a pesar de las múltiples actividades en marcha, se ha mantenido un ritmo de trabajo consistente y controlado. El Coeficiente de Variación, situado en el 6,16%, reafirma esta consistencia, al ser un indicador de baja variabilidad relativa entre las semanas evaluadas. La pendiente de 0,0001, aunque cercana a cero, muestra una ligera tendencia al alza, sugiriendo un progresivo y estable avance del proyecto.

Figura 4.26 PAC Plaza la Florida, obra gruesa en intersección.

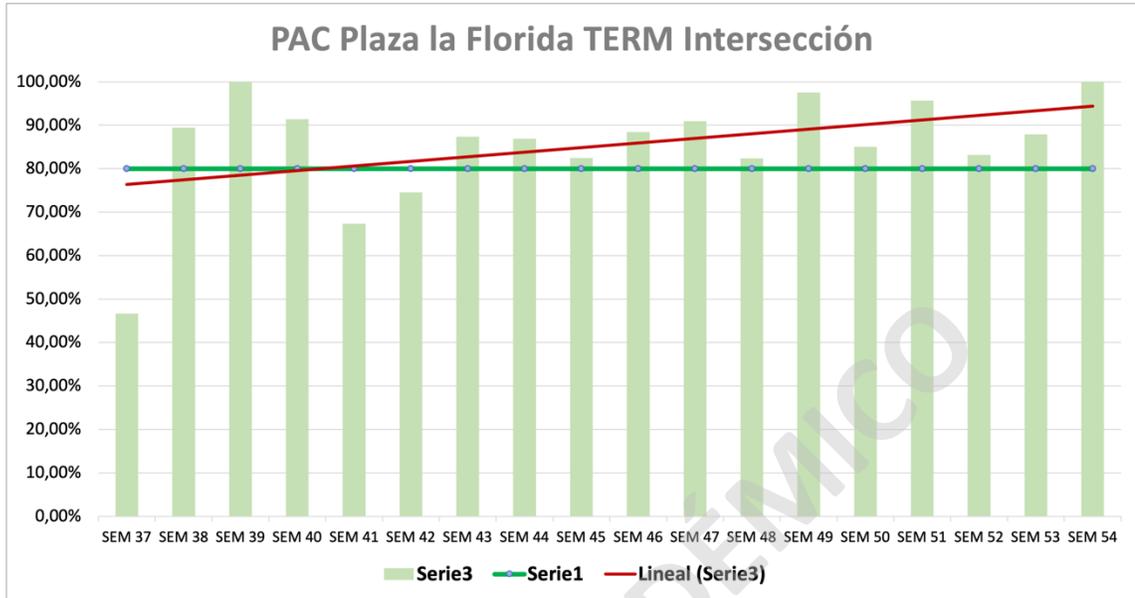


Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media	91,51%
Desviación Estándar	0,0986
Coefficiente de Variación	10,77%
Pendiente	-0,0135

Al desglosar aún más los datos y enfocarnos en la obra gruesa durante esta etapa de intersección, se observa una media de 91,51%. Este rendimiento, superior al promedio general, indica que a pesar de las terminaciones en curso, la obra gruesa no ha experimentado retrasos significativos y ha mantenido un alto nivel de eficiencia. Sin embargo, es importante notar una pendiente de -0,0135, que aunque está dentro del rango de "Aceptable", indica una leve tendencia decreciente. Esto puede sugerir que, a medida que el proyecto avanza, ha habido un ligero descenso en el ritmo de trabajo de la obra gruesa, probablemente debido al incremento de actividades de terminación.

Figura 4.27 PAC Plaza la Florida, Terminacion en intersección.



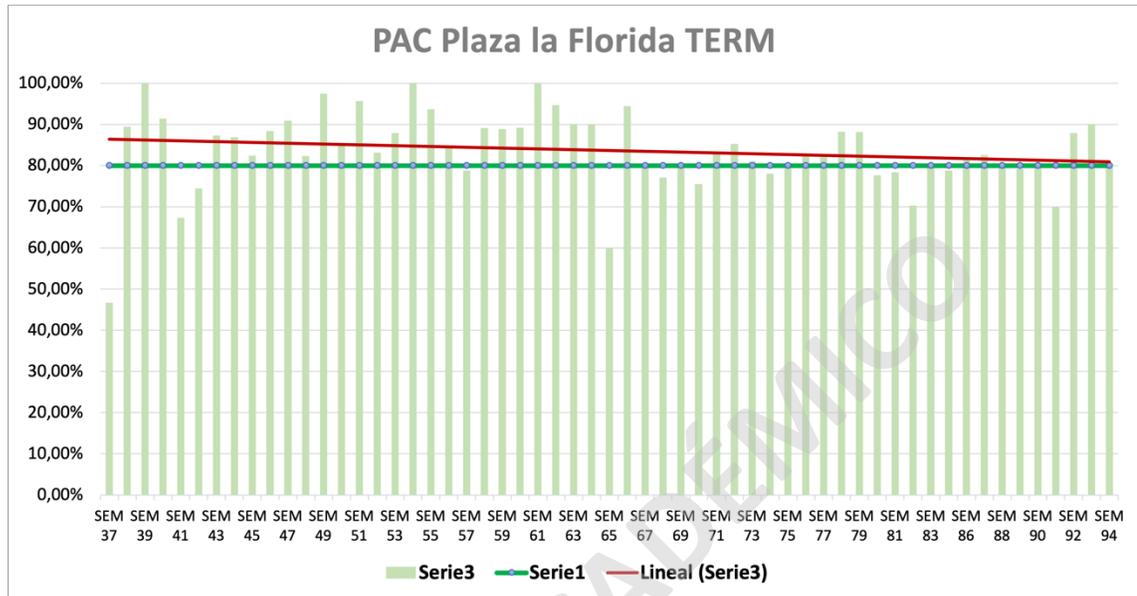
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media	85,39%
Desviación Estándar	0,1272
Coefficiente de Variación	14,90%
Pendiente	0,0106

Por otro lado, la fase de terminación en la intersección reporta una media del 85,39%. Esta cifra, también en la categoría de "Destacado", denota que, si bien es una etapa más reciente en comparación con la obra gruesa, ha comenzado con buen pie. La Desviación Estándar de 0,1272, aunque categorizada como "Aceptable", muestra una mayor variabilidad en comparación con la obra gruesa. Esto es comprensible, dado que las terminaciones requieren una atención al detalle más minuciosa. La pendiente positiva de 0,0106 es una señal alentadora, ya que indica que, semana tras semana, las terminaciones están avanzando a un ritmo más acelerado.

4.4.4.4 PAC Terminaciones Plaza la Florida

Figura 4.28 PAC Plaza la Florida, Terminación.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media	83,68%
Desviación Estándar	0,0945
Coefficiente de Variación	11,29%
Pendiente	-0,0010

Evaluando las terminaciones desde la semana 37 hasta la 94, la media de cumplimiento alcanzada ha sido del 83,68%, categorizándose como "Destacado". En esta fase crucial donde los detalles y acabados son primordiales, el proyecto ha demostrado un alto grado de eficacia. La Desviación Estándar reportada es de 0,0945, lo que se sitúa en la categoría "Destacado", indicando una variabilidad baja en el rendimiento semanal.

Por otro lado, el Coeficiente de Variación ha sido del 11,29%, lo que sugiere una consistencia notable en los resultados semanales, categorizándose también como "Destacado". Esto es indicativo de que la implementación de actividades en esta fase ha sido uniforme y bien gestionada. A pesar de la alta eficacia, se registra una pendiente de -0,0010, situándose en el rango "Aceptable", lo que puede insinuar una leve disminución en el rendimiento a lo largo del período evaluado, aunque todavía dentro de parámetros aceptables.

4.4.4.5 Reflexión

La construcción del edificio Plaza La Florida ha enfrentado numerosos desafíos y ha experimentado cambios significativos en su planificación y ejecución. Aunque se esperaba originalmente que la obra terminara en la semana 87, diversos contratiempos provocaron retrasos en las actividades. Sin embargo, a través de la implementación de una nueva programación denominada Línea de Balance 03, se logró superar todos los obstáculos y finalizar el proyecto en la semana 94.

Uno de los problemas que surgió durante el proceso fue la falta de mano de obra en el subcontrato de enfierradura. La cantidad de trabajadores disponibles no era suficiente para cumplir con las actividades programadas y esto causaba retrasos en las tareas posteriores. Se observó una variabilidad en el número de enfierradores a lo largo de la semana, lo que dificultaba la programación. También se identificaron otros factores que afectaban el rendimiento, como la complejidad de los tramos de muros y la lentitud en las tareas de apoyo, como la instalación de andamios y plataformas. Además, la falta de una grúa pluma para el traslado de materiales también contribuía a los problemas.

Para abordar esta situación, se implementaron diversas acciones. Se estableció un control diario de la asistencia de los enfierradores y se presentaron informes al Jefe de Obra. Se llevó a cabo una reunión con el subcontratista de enfierradura para discutir y presentar un Plan de Acción Correctiva (PAC) que abordara los problemas identificados. Se utilizó la planificación y los rendimientos para analizar la capacidad de la mano de obra. Además, se instaló una grúa pluma para facilitar el traslado de materiales.

Estas medidas se implementaron durante las semanas 26 y 27 del proyecto. Se aumentó la cantidad de enfierradores y se realizó un seguimiento del rendimiento. Los resultados fueron positivos, ya que se logró reducir la variabilidad en la mano de obra y mejorar el PAC semanal. Además, se entregó una grúa pluma operativa en la semana 28.

A medida que avanzaba la construcción, surgieron otros desafíos. Se identificaron retrasos en la actividad de Empaste, lo que generó un retraso de 5 semanas en la obra. Para abordar esta situación, se decidió aumentar el ritmo en áreas donde era posible y proyectar solo un retraso de una semana al final del proyecto.

En la semana 61, se observó un retraso de 2 semanas en las terminaciones y una disminución en el Plan de Avance de la Obra (PAC). Se sugirió realizar planificaciones intermedias, mejorar la visibilidad de la planificación para los trabajadores y aumentar el monitoreo de las actividades pendientes.

Además, se identificó un problema recurrente en el traslado de materiales. La cuadrilla encargada de esta tarea no tenía capacidad suficiente para cubrir la demanda de materiales de las partidas de terminación. No existía un proceso claro para el traslado de materiales dentro de la obra, lo que generaba dificultades.

Para solucionar este problema, se propusieron medidas como reorganizar la cuadrilla de traslado de materiales, organizar el acopio de materiales según prioridades y volumen de despachos, y estandarizar el proceso de traslado. Estas acciones se implementaron y se realizaron seguimientos para asegurar su efectividad.

A lo largo del proyecto, se realizaron análisis de desviaciones de ritmo y se tomaron medidas para abordar los problemas identificados. A pesar de los desafíos, la obra logró mantener un rendimiento general destacado, con un cumplimiento promedio del 84,67%. La fase de intersección también fue exitosa, con un cumplimiento del 88,90%

Figura 4.29 Datos estadísticos.

Plaza la Florida	Obra General	Obra Gruesa antes de terminaciones	Intersección de obra gruesa y terminaciones	Intersección obra gruesa	Intersección terminaciones	Terminaciones
Media	84,67%	83,43%	88,90%	91,51%	85,39%	83,68%
Desviación estandar	0,0851	0,1266	0,0548	0,0986	0,1272	0,0945
Coefficiente de variacion	10,05%	15,17%	6,16%	10,77%	14,90%	11,29%
Pendiente	-0,0006	-0,0013	0,0001	-0,0135	0,0106	-0,0010

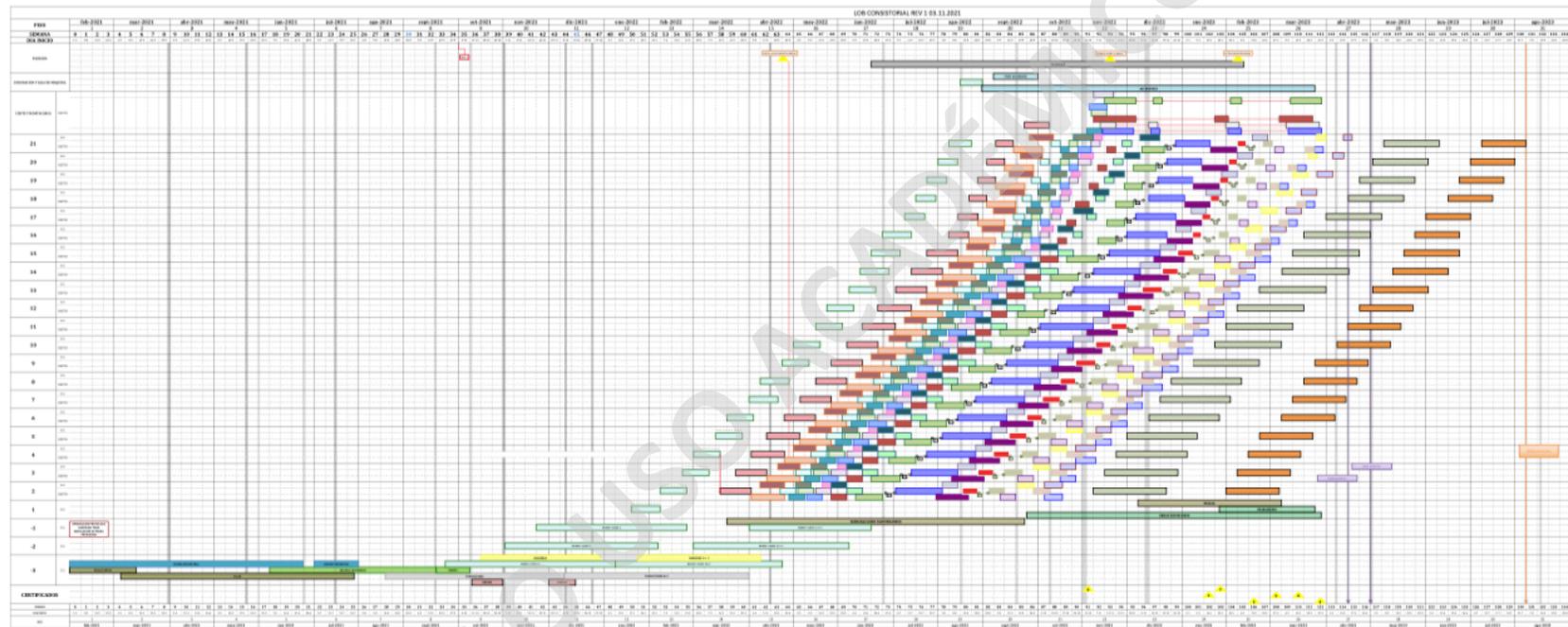
Nota. Cuadro de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

4.4.5 Caso de estudio IV: Consistorial

El proyecto "Consistorial", una colaboración entre la Inmobiliaria Pilares y la Constructora Socovesa se sitúa en el centro urbano de la comuna de La Florida. Este proyecto se divide en tres etapas distintas. La primera etapa comprende un edificio residencial de 29 pisos. La segunda etapa también es un proyecto residencial, pero consta de un edificio de 21 pisos. Finalmente, la tercera etapa se compone de un edificio de 13 pisos destinado a oficinas. Además, el proyecto Consistorial incluye tres niveles subterráneos. Los dos primeros niveles están diseñados como un boulevard en las primera y tercera etapa, para la segunda etapa solo considera locales comerciales en el primer nivel, albergando 10 locales comerciales en total.

El inicio del proyecto consistorial se le dará comienzo desde la segunda etapa y el 100% del subterráneo, correspondientes la torre de 21 pisos, de estos, el primer piso considerado tres locales comerciales y espacio común, los siguientes 20 pisos están destinados a viviendas, sumando un total de 223 departamentos.

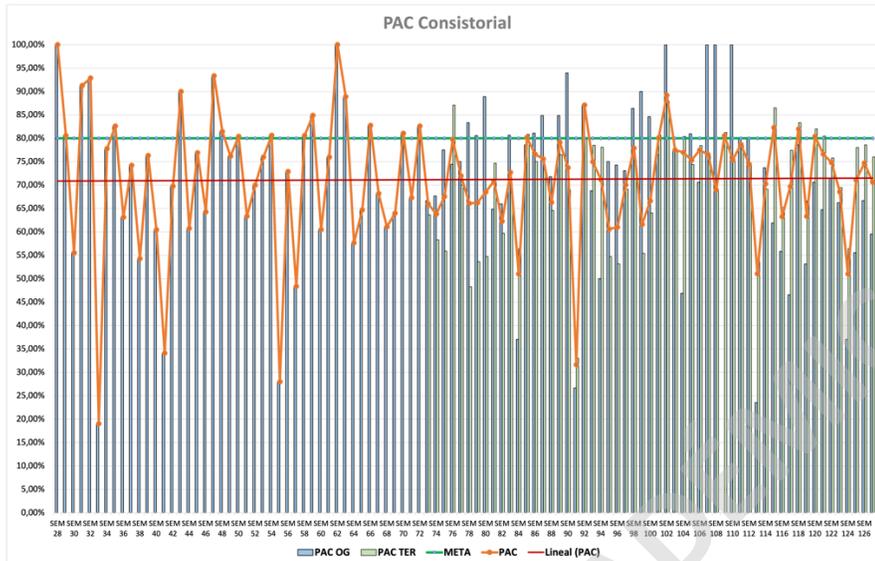
Figura 4.30 Línea de Balance 0 Consistorial.



Nota. Línea de Balance 0 Consistorial, facilitado por Socovesa.

4.4.5.1 PAC General Consistorial

Figura 4.31 PAC Consistorial.



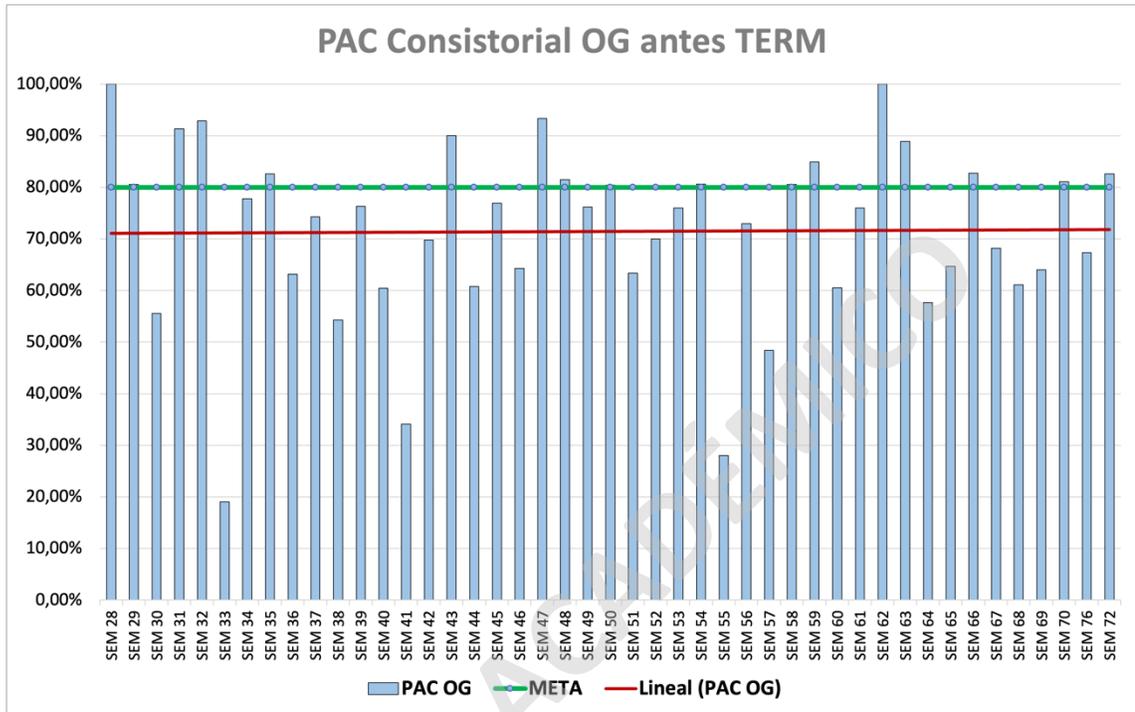
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media:	71,17%
Desviación Estándar:	0,1354
Coefficiente de Variación:	19,02%
Pendiente:	0,0001

En la revisión detallada del avance de la obra, la media registrada fue de 71,17%. Aunque esta cifra se encuentra en la categoría "Aceptable", refleja un progreso continuo en las etapas principales del proyecto. No obstante, el Coeficiente de Variación del 19,02% muestra una variabilidad considerable en el desarrollo semanal. A pesar de esta variación, la pendiente cercana a cero (0,0001) indica una tendencia estable en el avance del proyecto. Es relevante señalar que, aunque se mantiene una progresión constante, hay indicios de fluctuaciones semanales que podrían impactar la eficiencia del proyecto a largo plazo, especialmente al considerar las actividades en la fase de obra gruesa y terminaciones.

4.4.5.2 PAC Obra Gruesa Consistorial

Figura 4.32 PAC Obra Gruesa Consistorial.



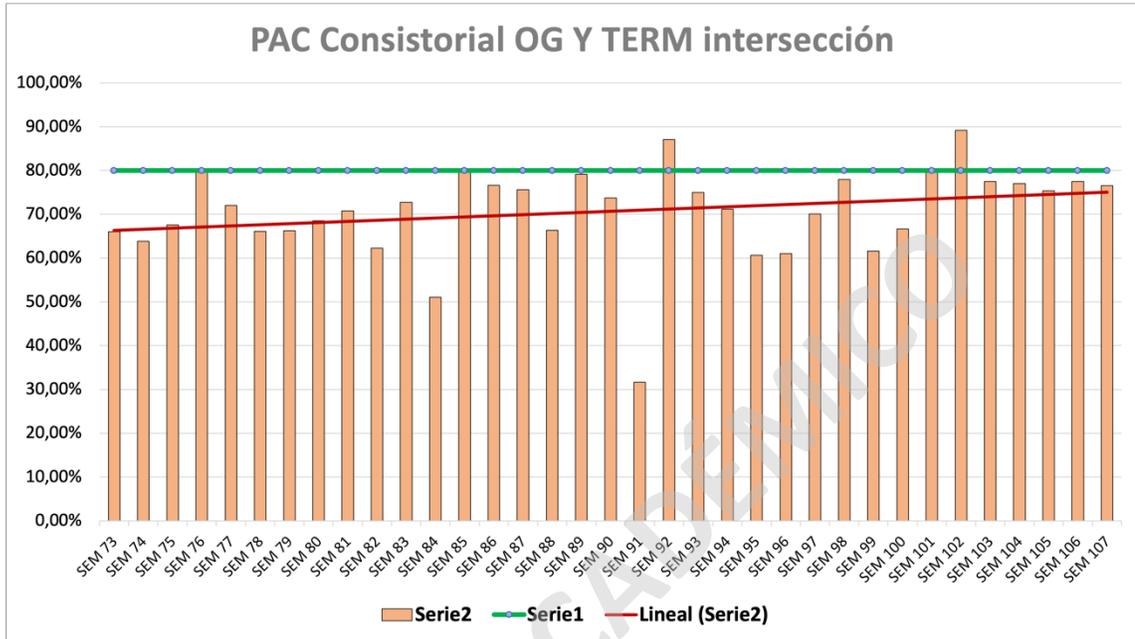
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media:	71,45%
Desviación Estándar:	0,1715
Coefficiente de Variación:	24,00%
Pendiente:	0,0002

Analizando el período comprendido entre la semana 28 y la 72, centrado en la etapa de obra gruesa, se registró una media de 71,45%. Esta métrica, clasificada en la categoría "Aceptable", refleja una base estructural consistente durante este tramo esencial del proyecto. La Desviación Estándar, siendo de 0,1715, aunque alta, está aún dentro del límite superior del rango aceptable, denotando cierta variabilidad en las semanas. Respecto al Coeficiente de Variación, su valor del 24,00% indica una variabilidad notable en el rendimiento semanal. La pendiente positiva de 0,0002 sugiere una leve tendencia creciente, aunque mínima, en la efectividad de la construcción en esta fase, destacando una adaptación positiva a la Metodología Lean implementada.

4.4.5.3 PAC intersección Consistorial

Figura 4.33 PAC Consistorial, obra gruesa y terminaciones en intersección.

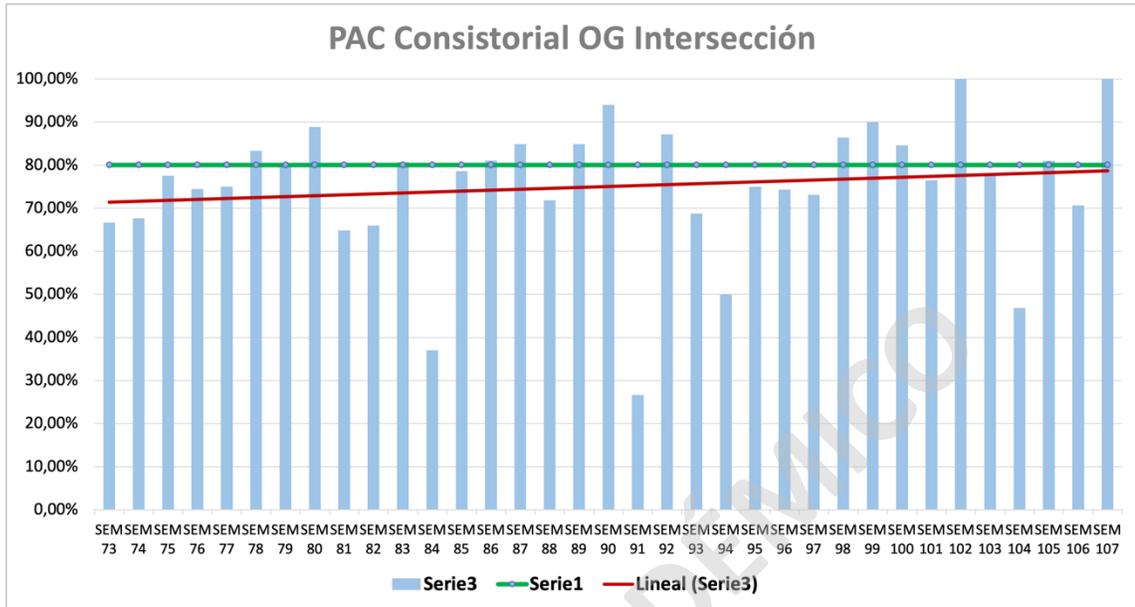


Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media:	70,69%
Desviación Estándar:	0,1042
Coefficiente de Variación:	14,75%
Pendiente:	0,0026

Dentro del período que comprende desde la semana 73 hasta la 107, el proyecto arrojó una media de 70,69%, situándose en el rango "Aceptable". A pesar del solapamiento entre obra gruesa y terminaciones, se mantiene una coherencia en el avance. La Desviación Estándar de 0,1042, ubicada en la categoría "Destacado", manifiesta una consistencia en el rendimiento semanal. El Coeficiente de Variación, de 14,75%, también revela estabilidad en las operaciones. Adicionalmente, la pendiente positiva de 0,0026 indica una ligera mejoría en el ritmo de trabajo.

Figura 4.34 PAC Consistorial, obra gruesa en intersección.

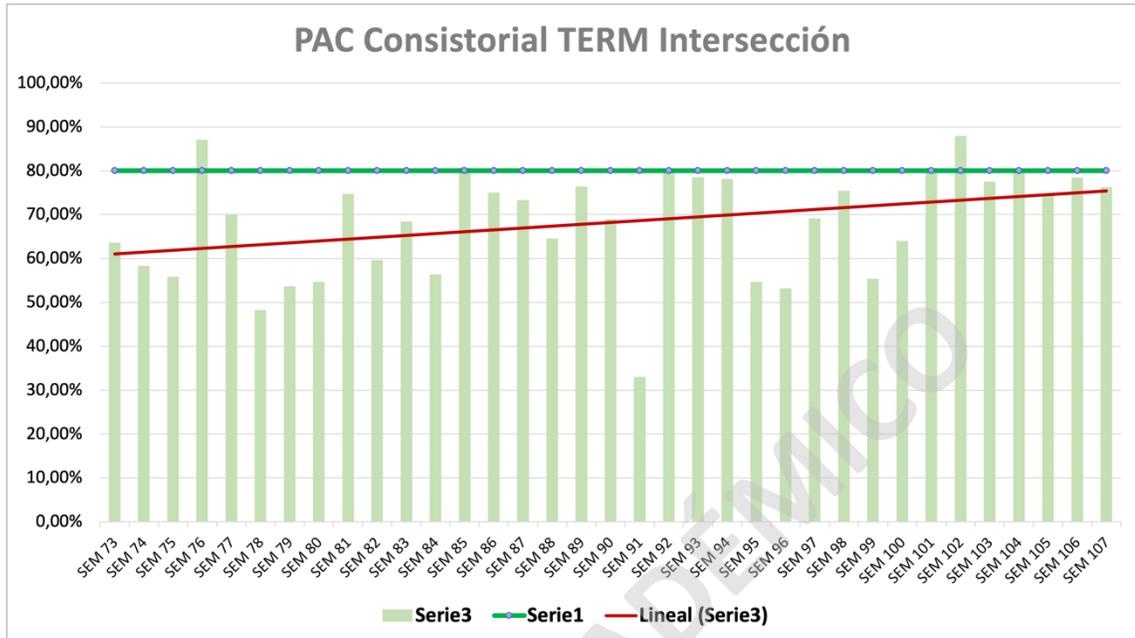


Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media: 68,21%
 Desviación Estándar: 0,1236
 Coeficiente de Variación: 18,13%
 Pendiente: 0,0042

Al centrarse en los aspectos de obra gruesa durante esta intersección, se nota un promedio de 68,21%. Esta cifra está ligeramente por debajo del promedio general, pero dentro del rango "Aceptable", lo que sugiere una adecuada atención a los fundamentos estructurales. La Desviación Estándar de 0,1236 y el Coeficiente de Variación de 18,13% sugieren que, aunque hay una mayor variabilidad en la obra gruesa, sigue siendo manejable. La pendiente de 0,0042 señala un incremento en la eficiencia estructural.

Figura 4.35 PAC Consistorial, Terminacion en intersección.



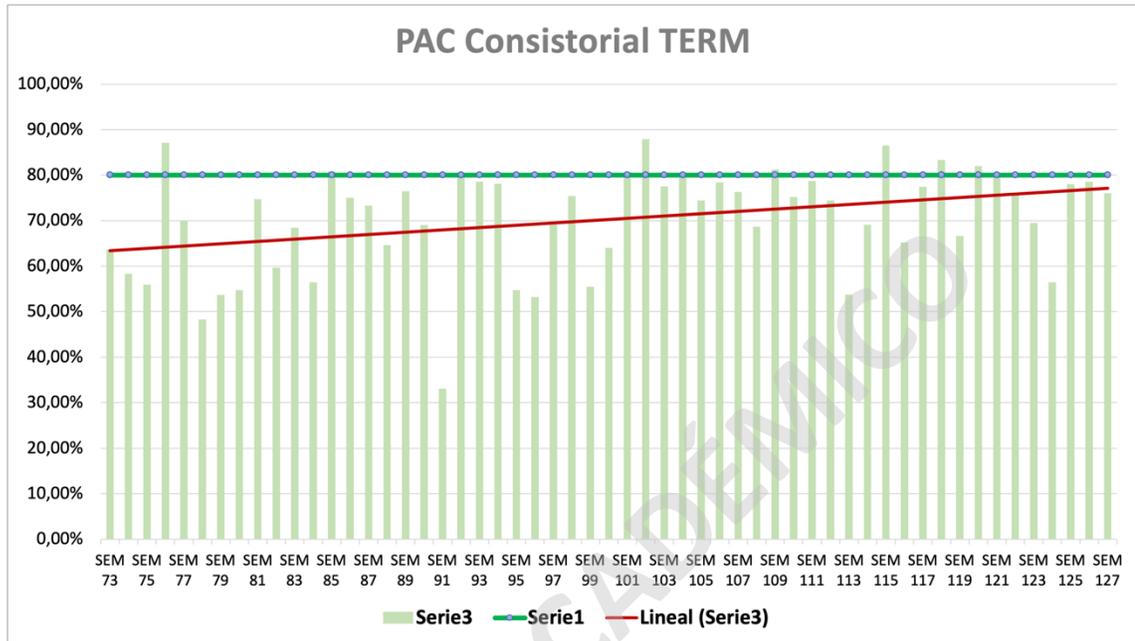
Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Media: 68,21%
 Desviación Estándar: 0,1236
 Coeficiente de Variación: 18,13%
 Pendiente: 0,0042

En cuanto a las terminaciones, la media de 68,21% coincide con la obra gruesa, demostrando una uniformidad en el rendimiento. A pesar de la variabilidad señalada por la Desviación Estándar y el Coeficiente de Variación, ambos en valores aceptables, se mantiene un progreso adecuado. La pendiente idéntica a la de obra gruesa sugiere que las terminaciones avanzan en paralelo y en consonancia con las etapas estructurales.

4.4.5.4 PAC Terminaciones Consistorial

Figura 4.36 PAC Consistorial, Terminación.



Nota. Gráfico de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Resultados:

Media	70,26%
Desviación Estándar	0,1139
Coefficiente de Variación	16,21%
Pendiente	0,0025

Durante la fase final del proyecto, desde la semana 73 a la 127, se analizó el progreso de las terminaciones. Se registró una media de 70,26%, clasificada como "Aceptable", señalando un avance adecuado en detalles y acabados. La Desviación Estándar de 0,1139, aunque sitúa el rendimiento en la categoría "Destacado", demuestra una variabilidad moderada en el ritmo de terminación semanal. El Coeficiente de Variación se establece en 16,21%, indicando una consistencia en los resultados. Además, la pendiente positiva de 0,0025 refleja una ligera aceleración en el proceso. Esta fase es crucial, ya que transforma la estructura en un edificio habitable, y los datos sugieren una transición consistente hacia el producto final, bajo la implementación de la Metodología Lean.

4.4.5.5 Reflexión

Durante el desarrollo del edificio Consistorial, se han enfrentado algunos problemas en las etapas iniciales de la obra. Estas etapas, como las pilas de socialzado, la excavación y las fundaciones, son cruciales para garantizar la estabilidad del proyecto. Sin embargo, han experimentado un comienzo inesperado, lo cual ha generado retrasos que podrían afectar el cronograma de finalización de la obra.

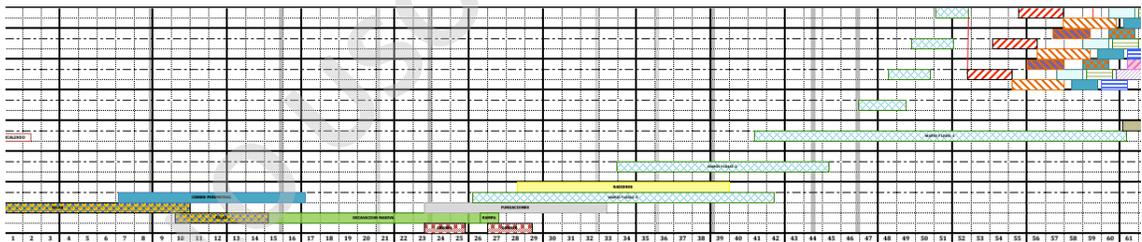
Al profundizar en esta situación, se ha realizado un análisis de las primeras 65 semanas correspondientes a la fase de obra gruesa. Se ha observado un coeficiente de variabilidad del 24% y una Desviación Estándar de 0,1715, lo cual indica que los resultados obtenidos no cumplen con las expectativas preestablecidas.

Figura 4.37 Datos estadísticos.

Consistorial	Obra General	Obra Gruesa antes de terminaciones	Intersección de obra gruesa y terminaciones	Intersección obra gruesa	Intersección terminaciones	Terminaciones
Media	71,17%	71,45%	70,69%	68,21%	68,21%	70,26%
Desviación estandar	0,1354	0,1715	0,1042	0,1236	0,1236	0,1139
Coefficiente de variacion	19,02%	24,00%	14,75%	18,13%	18,13%	16,21%
Pendiente	0,0001	0,0002	0,0026	0,0042	0,0042	0,0025

Nota. Cuadro de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Figura 4.38 Planificación seccion fundaciones Consistorial.



Nota. Planificación seccion fundaciones Consistorial, facilitado por Socovesa.

Identificando las fases clave de su desarrollo y los desafíos encontrados en su ejecución. El proyecto se estructura en función de las etapas esenciales de la construcción, que incluyen la instalación de las pilas de socialzado, la excavación masiva y concluyendo para este primer análisis con el hormigonado de las fundaciones.

Figura 4.39 Comparación Línea de Balance y avance real Consistorial.



Nota. Cuadro de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

Iniciando con la instalación de las pilas de solazado, que está programada para la primera semana, este proceso está previsto para durar hasta la semana 14. Aunque esta etapa comienza en la fecha esperada, ha sufrido un retraso considerable de 11 semanas.

La siguiente fase crítica es la excavación masiva, programada para llevarse a cabo desde la semana 16 hasta la semana 27, es decir, un total de 12 semanas consecutivas de trabajo. Sin embargo, esta etapa comenzó tres semanas después de lo previsto y terminó ocho semanas más tarde, lo que implica un retraso acumulativo en el proyecto.

Posteriormente, la fase de fundaciones estaba programada para llevarse a cabo desde la semana 23 hasta la semana 33, que corresponde a un periodo de 11 semanas. A pesar de este plan, en la realidad, la etapa de hormigonado comenzó en la semana 27 y se extendió hasta la semana 52, resultando en un retraso de 15 semanas.

En las tres primeras etapas la instalación de las pilas de solazado, la excavación masiva y fundación, han acumulado un retraso total de 17 semanas. Los motivos de estos retrasos son múltiples y han sido identificados a través de la revisión de las programaciones semanales (PS).

Una de las principales causas del retraso ha sido la llegada tardía del material a la obra, específicamente el acero preformado, proporcionado por una empresa contratista externa. Esta situación ha requerido modificaciones en el programa de trabajo.

Figura 4.40 Planificación semanal N°15 Consistorial.

Ejecut					OBRA	Semana 0	Inicio Obra												
<table border="1"> <tr><td>PROGRAMA</td><td>19</td></tr> <tr><td>PENDIENTE</td><td>18</td></tr> <tr><td>RESERVA</td><td>6</td></tr> <tr><td>EJEC/NPLAN</td><td>2</td></tr> <tr><td>RE-TRABAJO</td><td>1</td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td>46</td></tr> </table>					PROGRAMA	19	PENDIENTE	18	RESERVA	6	EJEC/NPLAN	2	RE-TRABAJO	1	TOTAL	46	Gerente:	à	Tiempo Transcurrido
PROGRAMA	19																		
PENDIENTE	18																		
RESERVA	6																		
EJEC/NPLAN	2																		
RE-TRABAJO	1																		
TOTAL	46																		
					Administrador:	à	Plazo Previsto												
					Jefe de Terreno:	PAC = Suma 100% = 63,3%	Plazo Total												
					Jefe de Obra:	GENERAL total ítems = 63,3%	FECHA:												
					Planificador:	PAC = Suma 100% = 63,3%													
					Analista de Gestión:	OBRA GRUPE total ítems = 63,3%													
						PAC = Suma 100% = 63,3%													
						TERMINACION total ítems = 0,0%													
					Planif. X	Avance Real: E R													
N°	TIPO	Tareas	Capataz	Nivel	Ubicación	Paquete de Trabajo	Estado	Ejecutado %	N° Causa	Descripción	Observación	Responsable CNC							
13	OG	PROGRAMA	Eduardo Fuentes	-3	TRAMO 5 Y 7	MOLDAJE LOSA	P E	50%	6,6	Falla en la programación	Se programó tramo que no tiene FE	SOCOVELA							
14	OG	PROGRAMA	Jorge Espinoza	-3	TRAMO 5 Y 7	ENFIERRADURA LOSA	P E	50%	6,6	Falla en la programación	Se programó tramo que no tiene FE	SOCOVELA							
15	OG	PROGRAMA	Victor Constantini	-3	TRAMO 5 Y 7	HORMIGÓN LOSA	P E	50%	6,6	Falla en la programación	Se programó tramo que no tiene FE	SOCOVELA							
22	OG	PROGRAMA	Jorge Espinoza	-1	TRAMO 3: EJE BW Y B4, TRAMO 11: EJE B4	ENFIERRADURA MURO	P E	50%	3,1	Falta de programación de materiales	Se pidió menos m3 de hormigón	SOCOVELA							
23	OG	PROGRAMA	Eduardo Fuentes	-1	TRAMO 3: EJE BW Y B4, TRAMO 11: EJE B4	MOLDAJE DE MUROS	P E	50%	3,1	Falta de programación de materiales	Se pidió menos m3 de hormigón	SOCOVELA							
24	OG	PROGRAMA	Victor Constantini	-1	TRAMO 3: EJE BW Y B4, TRAMO 11: EJE B4	HORMIGÓN MUROS	P E	50%	3,1	Falta de programación de materiales	Se pidió menos m3 de hormigón	SOCOVELA							

Nota. Planificación semanal N°15 Consistorial, facilitado por Socovesa.

Además, se presentaron dificultades durante la visita técnica del mecánico de suelo, quien solicitó cambios en las pendientes en los taludes de la excavación masiva, las cuales no estaban contempladas en la planificación original. Esto resultó en la inhabilitación de algunas semanas de trabajo en la rampa de acceso a la excavación.

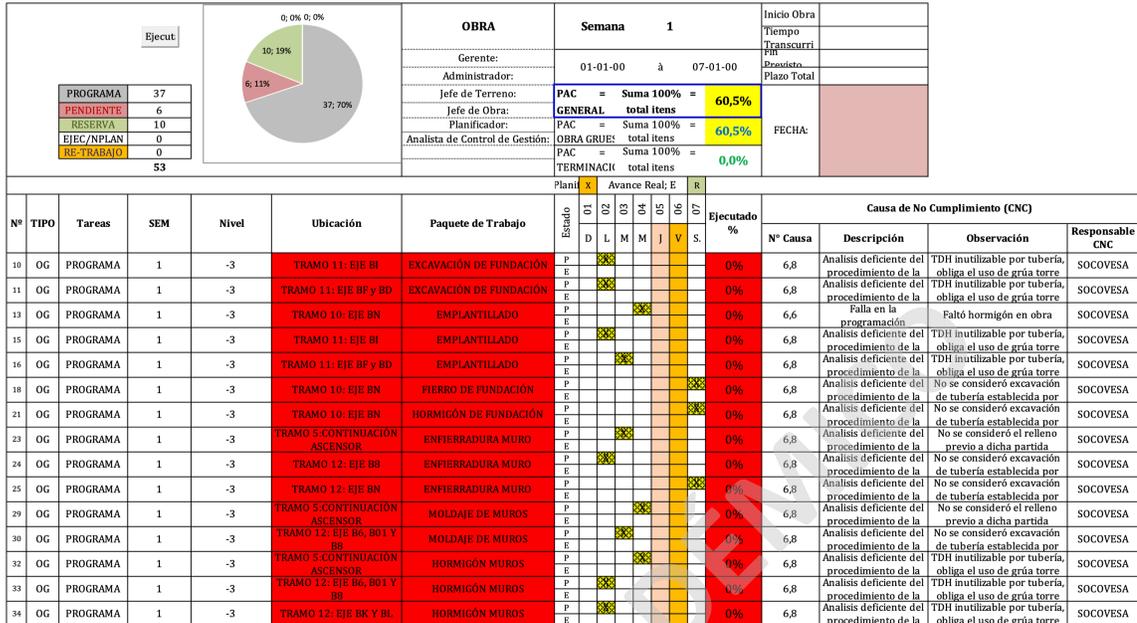
Y también, se ha identificado la falta de mano de obra en ciertas tareas, como el trabajo de enfierradura y hormigón, como una de las causas del retraso. También se registraron fallos de maquinaria, como el cambio de base de la grúa, que llevó más tiempo del esperado, así como fallas mecánicas en las retroexcavadoras y grúas. Todos estos factores han contribuido a obstaculizar un flujo de trabajo continuo en el proyecto.

Figura 4.41 Planificación semanal N°39 Consistorial.

Ejecut					OBRA	Semana 1	Inicio Obra												
<table border="1"> <tr><td>PROGRAMA</td><td>19</td></tr> <tr><td>PENDIENTE</td><td>18</td></tr> <tr><td>RESERVA</td><td>6</td></tr> <tr><td>EJEC/NPLAN</td><td>2</td></tr> <tr><td>RE-TRABAJO</td><td>1</td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td>46</td></tr> </table>					PROGRAMA	19	PENDIENTE	18	RESERVA	6	EJEC/NPLAN	2	RE-TRABAJO	1	TOTAL	46	Gerente:	à	Tiempo Transcurrido
PROGRAMA	19																		
PENDIENTE	18																		
RESERVA	6																		
EJEC/NPLAN	2																		
RE-TRABAJO	1																		
TOTAL	46																		
					Administrador:	00-01-00 à 06-01-00	Plazo Previsto												
					Jefe de Terreno:	PAC = Suma 100% = 76,3%	Plazo Total												
					Jefe de Obra:	GENERAL total ítems = 76,3%	FECHA:												
					Planificador:	PAC = Suma 100% = 76,3%													
					Analista de Control de Gestión:	OBRA GRUPE total ítems = 76,3%													
						PAC = Suma 100% = 76,3%													
						TERMINACION total ítems = 0,0%													
					Planif. X	Avance Real: E R													
N°	TIPO	Tareas	SEM	Nivel	Ubicación	Paquete de Trabajo	Estado	Ejecutado %	N° Causa	Descripción	Observación	Responsable CNC							
4	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 8: PILAR P4 EJE BZ Y BW	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							
5	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 8: CONTINUACIÓN EJE BZ3 Y EJE B13	EMPLANTILLADO	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							
7	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 8: PILAR P4 EJE BZ Y BW	EMPLANTILLADO	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							
9	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 8: CONTINUACIÓN EJE BZ3 Y EJE B13	FIERRO DE FUNDACIÓN	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							
10	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 8: PILAR P4 EJE BZ Y BW	FIERRO DE FUNDACIÓN	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							
13	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 8: PERIMETRAL EJE BZ3 Y B13	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							
21	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: EJE BZZ	EMPLANTILLADO	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							
26	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: PILAR P4 EJE BZ Y BW	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	P E	0%	8,9	Problema no previsto en la ejecución	No se consideró que la bomba no utiliza hormigón con grava	SOCOVELA							

Nota. Planificación semanal N°15 Consistorial, facilitado por Socovesa.

Figura 4.42 Planificación semanal N°40 Consistorial.



Nota. Planificación semanal N°40 Consistorial, facilitado por Socovesa.

4.4.5.6 Análisis inicio de obra; Subterráneos.

El propósito de este análisis es examinar las siguientes etapas del proyecto del Edificio Consistorial. Dada la serie de retrasos experimentados hasta ahora, es imperativo que el equipo retorne al plan original que llamaremos LOB Rev 0y desarrolle una nueva estrategia de planificación que se ajuste a los desafíos emergentes y al ritmo actual de trabajo. A esta nueva planificación llamaremos LOB Rev 1.

33, con alrededor del 20%, la 41, con cerca del 35%, y la 55, con un margen próximo al 28%.

Analizando la hoja de planificación semanal de la semana 33, se observa que hubo un fallo técnico en las grúas torre que retrasó el cambio de base de la grúa, debido a un error del subcontratista y a una planificación ajustada por parte de la empresa constructora. Durante la semana 41, se llevó a cabo una planificación optimista en la que se pretendía realizar diversas faenas, pero sólo se logró ejecutar el 35% de ellas. En la semana 55, se presentaron problemas técnicos con el suministro eléctrico del proveedor local, que dejó la faena paralizada durante más de un día.

Figura 4.46 Planificación semanal N°33 Consistorial.

PROGRAMA		Ejecut		OBRA		Semana 1		Inicio Obra	
PENDIENTE	17	2	10%	Gerente:		01-01-00	à	07-01-00	Fin Previsto
RESERVA	0	0	0%	Administrador:					Plazo Total
EJEC/NPLAN	2	17	81%	Jefe de Terreno:	PAC = Suma 100% =				FECHA:
NO TRABAJA	0			Jefe de Obra:	GENERAL total itens =				
	21			Planificador:	PAC = Suma 100% =	19,0%			
				Analista de Gestión:	OBRA GRUPE: total itens =	19,0%			
					PAC = Suma 100% =	0,0%			
					TERMINACION: total itens =				

N°	TIPO	Tareas	SEM	Nivel	Ubicación	Paquete de Trabajo	Estado	Avance Real							Ejecutado %	Causa de No Cumplimiento (CNC)			
								D	L	M	J	V	S	R		N° Causa	Descripción	Observación	Responsable CNC
1	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PERIMETRAL EJE B1A	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
2	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PILAR EJE RZ	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
3	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 4: FUNDACIÓN ASCENSOR	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P								100%				
4	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 5	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	E								100%				
5	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 3: PILAR P1 EJE BG	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
6	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 3: PILAR P2 EJE BK	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P								100%				
7	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PERIMETRAL EJE B1A	EMPLANTILLADO	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
8	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PILAR EJE RZ	EMPLANTILLADO	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
9	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 2 Y 3: CONTINUACIÓN	EMPLANTILLADO	P								100%				
10	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 4: FUNDACIÓN ASCENSOR	EMPLANTILLADO	E								0%				
11	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 5	EMPLANTILLADO	E								0%				
12	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 3: PILAR P1 EJE BG	EMPLANTILLADO	P								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
13	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 3: PILAR P2 EJE BK	EMPLANTILLADO	P								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
14	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 2: ULTIMO TRAMO	FIERRO DE FUNDACIÓN	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
15	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PERIMETRAL EJE B1A	FIERRO DE FUNDACIÓN	P								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
16	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PILAR EJE RZ	FIERRO DE FUNDACIÓN	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
17	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1 Y TRAMO 2	FIERRO DE FUNDACIÓN	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
18	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PERIMETRAL EJE B1A	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	P								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
19	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1: PILAR EJE RZ	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
20	OG	PROGRAMA	1	-3	EJE 4: PERIMETRAL ENTRE EJE BG Y BJ	MOLDAJE DE MUROS	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
21	OG	PROGRAMA	1	-3	EJE 4: PERIMETRAL ENTRE EJE BG Y BJ	HORMIGÓN MUROS	E								0%	4,3	No conformidad en la entrega del	Tardó el proceso de instalación por cambio en la base de grúa	UNION
22	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 3: PERIMETRAL EJE B1A	FIERRO DE FUNDACIÓN	E								0%				
23	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 3: PERIMETRAL EJE B1A	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	E								0%				
24	OG	EJEC/NPLAN	1	-3	TRAMO 3: PERIMETRAL EJE B1A	EMPLANTILLADO	P												
25	OG	EJEC/NPLAN	1	-3	TRAMO 3: PERIMETRAL EJE B1A	EMPLANTILLADO	E												

Nota. Planificación semanal N°33 Consistorial, facilitado por Socoveva.

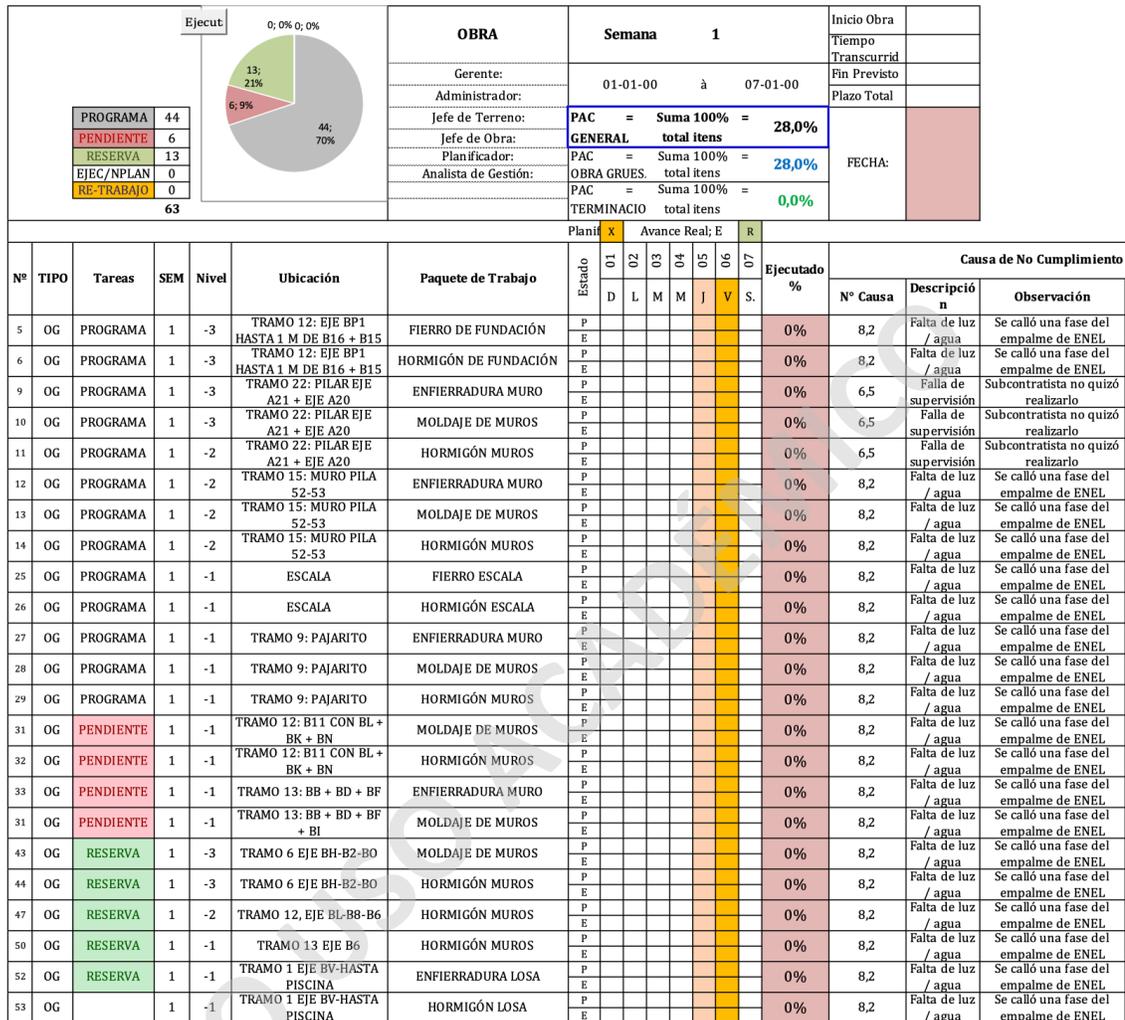
Figura 4.47 Planificación semanal N°41 Consistorial.

Ejecut		OBRA		Semana 1		Inicio Obra	
PROGRAMA	31	Gerente:	01-01-00 à 07-01-00		Tiempo Transcurrido		
PENDIENTE	12	Administrador:			Fin Previsto		
RESERVA	6	Jefe de Terreno:	PAC = Suma 100% =	34,1%	Plazo Total		
EJEC/NPLAN	0	Jefe de Obra:	GENERAL total ítems		FECHA:		
RE-TRABAJO	0	Planificador:	PAC = Suma 100% =	34,1%			
	49	Analista de Gestión:	OBRA GRUPE total Rens				
			PAC = Suma 100% =	0,0%			
			TERMINACI total Rens				

N°	TIPO	Tareas	SEM	Nivel	Ubicación	Paquete de Trabajo	Planif							Ejecutado %	Causa de No Cumplimiento (CNC)		
							Estado	01	02	03	04	05	06		07	N° Causa	Descripción
							D	L	M	J	V	S.					
1	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 8: PILAR P4 EJE BW	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P	X						0%	4.1	Falla de programación de equipos	Falla en llegada de camiones a obra
2	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 11: EJE BI	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P	X						100%			
3	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 11: EJE BF y BD	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P							0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
4	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 11: EJE BI	EMPLANTILLADO	P	X						0%	4.2	Defecto del equipo durante el uso	Falla de bomba después de reparación
5	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 13: EJE BF y BD	EMPLANTILLADO	P							0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
6	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 10: EJE BN	EMPLANTILLADO	P	X						100%			
7	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 10: EJE BN	FIERRO DE FUNDACIÓN	P	X						100%			
8	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 10: EJE BN	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	P	X						0%	4.2	Defecto del equipo durante el uso	Falla de bomba después de reparación
9	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 12: EJE BB	ENFIERRADURA MURO	P	X						0%	1.3	Falta de mano de obra contratada	Falta de enferradores
10	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 12: EJE BN	ENFIERRADURA MURO	P	X						100%			
11	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 12: EJE B6, B01 y B8	MOLDAJE DE MUROS	P	X						0%	1.3	Falta de mano de obra contratada	Falta de enferradores
12	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 12: EJE BK Y BL	MOLDAJE DE MUROS	P	X						100%			
13	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 12: EJE B6, B01 y B8	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	1.3	Falta de mano de obra contratada	Falta de enferradores
14	OG	PENDIENTE	1	-3	TRAMO 12: EJE BK Y BL	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	4.2	Defecto del equipo durante el uso	Falla de bomba después de reparación
15	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: EJE BB	EXCAVACIÓN DE FUNDACIÓN	P	X						100%			
16	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 6: EJE BA Y BB	EMPLANTILLADO	P	X						100%			
17	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: PILAR P4 EJE BW	EMPLANTILLADO	P	X						0%	4.1	Falla de programación de equipos	Falla en llegada de camiones a obra
18	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 6: EJE BA Y BB	FIERRO DE FUNDACIÓN	P	X						100%			
19	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 11: EJE BI	FIERRO DE FUNDACIÓN	P	X						0%	4.1	Falla de programación de equipos	Mala programación en el uso de la pluma al llegar camión
20	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: EJE B2Z	FIERRO DE FUNDACIÓN	P	X						0%	1.3	Falta de mano de obra contratada	Falta de enferradores
21	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: EJE BA Y BB	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	P	X						10%	4.2	Defecto del equipo durante el uso	Falla de bomba después de reparación
22	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 11: EJE BI	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	P	X						0%	4.1	Falla de programación de equipos	Mala programación en el uso de la pluma al llegar camión
23	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: PILAR P2B	ENFIERRADURA MURO	P	X						100%			
24	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 9: EJE BA Y B5	ENFIERRADURA MURO	P	X						100%			
25	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 13: EJE BB	ENFIERRADURA MURO	P	X						100%			
26	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 13: EJE B6 Y BI	ENFIERRADURA MURO	P	X						0%	4.1	Falla de programación de equipos	Mala programación en el uso de la pluma al llegar camión
27	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 10: EJE B2Z	ENFIERRADURA MURO	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
28	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: PILAR P2B	MOLDAJE DE MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
29	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 9: EJE BA Y B5	MOLDAJE DE MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
30	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 13: EJE BB	MOLDAJE DE MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
31	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 13: EJE B6 Y BI	MOLDAJE DE MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
32	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 10: EJE B2Z	MOLDAJE DE MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
33	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 12: EJE BN	MOLDAJE DE MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
34	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 8: PILAR P2B	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
35	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 9: EJE BA Y B5	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
36	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 13: EJE BB	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
37	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 13: EJE B6 Y BI	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
38	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 10: EJE B2Z	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
39	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 12: EJE BN	HORMIGÓN MUROS	P	X						0%	6.6	Falla en la programación	Programación muy optimista
40	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1	MOLDAJE LOSA	P	X						100%			
41	OG	PROGRAMA	34	-3	TRAMO 1	ENFIERRADURA LOSA	P	X						100%			
42	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1	INSTALACIONES ELÉCTRICAS LOSA	P	X						100%			
43	OG	PROGRAMA	1	-3	TRAMO 1	HORMIGÓN LOSA	P	X						100%			
44	OG	PROGRAMA	1	-3	DREN 1	EXCAVACIÓN DE DREN	P	X						10%	4.3	No conformidad en la entrega del equipo	Excavadora nueva llega con cuchara de menor capacidad
45	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 11: EJE BF y BD	FIERRO DE FUNDACIÓN	P										
46	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 11: EJE BF y BD	HORMIGÓN DE FUNDACIÓN	P										
47	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 13: EJE BF y BD	ENFIERRADURA MURO	P										
48	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 10: EJE B13	ENFIERRADURA MURO	P										
49	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 13: EJE BF y BD	MOLDAJE DE MUROS	P										
50	OG	RESERVA	1	-3	TRAMO 13: EJE BF y BD	HORMIGÓN MUROS	P										

Nota. Planificación semanal N°41 Consistorial, facilitado por Socovesa.

Figura 4.48 Planificación semanal N°55 Consistorial.



Nota. Planificación semanal N°55 Consistorial, facilitado por Socoveva.

De estas tres semanas, dos de los retrasos se debieron a subcontratistas o entidades externas a la constructora, y uno fue por mala planificación del equipo de obra durante la semana 41. Otras causas de incumplimiento incluyen mala programación de los materiales, que no llegan a la obra en el momento adecuado, y programación de actividades sin tener o asegurar el material en obra, lo que implica responsabilidad tanto del proveedor como de la obra.

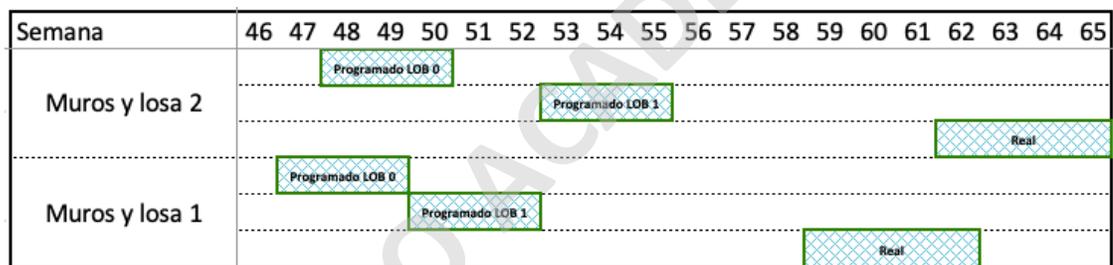
Se observa una dificultad en conseguir mano de obra especializada en hormigón y enfierradura debido a la situación post-pandemia del COVID-19. A la hora de elaborar la LOB Rev 1, se consideró realizar las faenas en menos tiempo del inicialmente programado, lo que implicaba un aumento en la mano de obra, algo difícil de lograr dada

la situación actual. Resulta contraproducente considerar tiempos más cortos sin tener en cuenta la necesidad de una mayor mano de obra.

También se identificaron faenas deficientes que afectaron la programación, debido principalmente a la falta de experiencia del equipo de trabajo o de la propia supervisión. Se registraron problemas con la contratación de equipos, como una bomba de hormigón que no cumplió con todas las necesidades de la obra, lo que obligó a realizar hormigonados con la grúa pluma (capacho). Se detectó una mala coordinación de los camiones pluma y los camiones de hormigón, lo que retrasó el hormigonado de la obra.

No sólo el equipo de terreno enfrentó problemas con sus tareas, sino que también se detectaron deficiencias en la bodega, con falta de materiales que obligaron a realizar compras de última hora, y una falta de equipos de protección personal para los subcontratos. Además, hubo fallos en la supervisión general de las faenas y se abusó de las actividades en reserva en la programación.

Figura 4.49 Comparación Línea de Balance y avance real Consistorial.



Nota. Cuadro de elaboración propia, datos facilitado por Socovesa.

En consecuencia de los resultados también en la segunda programación general, el equipo resuelve generando una tercera Línea de Balance (LOB Rev 2) en la semana 26. La combinación de inexperiencia del equipo y factores externos han dificultado el avance fluido de la obra. Por ello, con la puesta en marcha de esta nueva Línea de Balance, los profesionales esperan que la experiencia adquirida en la obra y la consolidación de los equipos de trabajo faciliten una planificación más eficaz.

5 Conclusión

5.1 Evaluación de resultados

Tras examinar detenidamente los cuatro casos de estudio propuestos, se pueden identificar conclusiones valiosas sobre la aplicación de la metodología Lean Construction en proyectos constructivos en Chile.

Lean Construction ha comenzado a marcar una diferencia en la construcción. Esta metodología ofrece una forma más organizada de abordar los retos del sector. Permite a los equipos identificar problemas y entender sus causas de forma clara. Aunque ciertos indicadores, como el Porcentaje de Cumplimiento (PAC), han mostrado buenos resultados, es importante recordar que no todo es gracias a Lean. Los equipos ya trabajaban bien antes de su implementación. Lo que Lean ha añadido es una nueva forma de ver y mejorar los procesos.

Esta metodología ha dado a los equipos herramientas para recoger y analizar datos. Esto les ayuda a tomar decisiones basadas en hechos reales. Esta capacidad de decidir con información precisa es vital en un sector tan dinámico como la construcción. Aunque es cierto que los primeros pasos con Lean han sido positivos, su verdadero impacto se verá con el tiempo. Cualquier cambio lleva tiempo para mostrar todos sus beneficios, y con Lean no es diferente.

La implementación de Lean también tiene sus retos. Cambiar la forma de trabajar y pensar no es fácil y puede haber resistencias al principio. Pero con paciencia y disposición al cambio, esos desafíos se pueden superar.

Lo más importante de Lean Construction es la idea de mejorar constantemente. No solo se trata de ver qué está mal, sino de buscar cómo hacerlo mejor. Y aunque Lean aporta mucho, son los equipos de construcción, con su experiencia y compromiso, los que realmente hacen la diferencia.

Un aspecto crucial es el cambio cultural que implica adoptar Lean Construction. En los casos estudiados, la resistencia al cambio fue una constante. Sin embargo, una vez que los equipos entendieron y abrazaron la metodología, se evidenciaron avances concretos. El verdadero triunfo de Lean Construction radica en conseguir la adhesión y el compromiso sincero de cada participante del proyecto.

Además, los beneficios de Lean Construction trascienden la mera mejora de cifras. Esta metodología fomenta un enfoque de trabajo más colaborativo y estructurado, lo que, a su vez, eleva el ánimo y la dedicación de los equipos. Es notable cómo algunos trabajadores, tras experimentar con Lean, expresaron su deseo de no regresar a las antiguas formas de trabajo.

A pesar de los beneficios observados, también se identificaron desafíos consistentes en la implementación de Lean Construction. Estos incluyen la inexperiencia con la metodología, problemas de coordinación con proveedores, escasez de personal, dificultades en el suministro de materiales y planificaciones no óptimas.

En síntesis, el análisis sugiere que Lean Construction posee un potencial significativo para renovar la productividad y eficiencia en la construcción en Chile. Sin embargo, su éxito radica en el compromiso integral de la organización, una implementación metódica centrada en la mejora continua y la habilidad para superar obstáculos culturales y de coordinación. Con estos componentes en su lugar, Lean Construction se posiciona como una herramienta muy importante para el ámbito constructivo.

5.2 Recomendaciones

Considerando los hallazgos y desafíos identificados en la implementación de Lean Construction, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Realizar una preparación previa para cualquier organización antes de comenzar con Lean, asimilando resultados a largo plazo y generando conciencia sobre sus fundamentos y beneficios potenciales.
2. Capacitar intensivamente a todos los niveles y perfiles involucrados, incluyendo mandos medios, profesionales, trabajadores y proveedores/contratistas.
3. Comenzar con proyectos piloto acotados para probar la metodología, recopilar lecciones aprendidas y afinar la implementación.
4. Estandarizar procesos constructivos y documentos clave como la Línea de Balance para facilitar la adopción en todos los proyectos.
5. Introducir Lean Construction gradualmente, priorizando algunas herramientas esenciales antes de abarcar todo el sistema.
6. Designar roles específicos para la implementación de Lean Construction y mantener equipos estables en los proyectos.
7. Monitorear consistentemente los indicadores de productividad, eficiencia y cumplimiento para medir el progreso e identificar brechas.
8. Fomentar el trabajo colaborativo y la retroalimentación constructiva entre todos los actores involucrados.

9. Aprovechar tecnologías como software, impresión 3D, realidad aumentada, inteligencia artificial para optimizar procesos, sin perder el toque humano.
10. Aprender de las mejores prácticas internacionales, pero adaptando Lean Construction a la realidad nacional.

La implementación exitosa de estas recomendaciones requerirá un esfuerzo continuo y el compromiso de las organizaciones. No obstante, permitirá explotar plenamente el potencial de Lean Construction para transformar la productividad y competitividad de la construcción chilena.

5.3 Conclusión

La industria de la construcción en Chile ha experimentado una transformación notable con la implementación de Lean Construction. Antes de su adopción, era común que los proyectos enfrentaran desafíos relacionados con el cumplimiento de plazos, gestión de presupuestos, tiempos muertos y actividades que no aportaban valor significativo. La calidad de las obras, en ocasiones, no alcanzaba las expectativas de los clientes, y la cultura laboral solía ser desorganizada, con una colaboración limitada entre los equipos.

Sin embargo, la introducción de Lean Construction ha marcado un punto de inflexión. Esta metodología ha permitido una mejor planificación y gestión de los flujos de trabajo, asegurando que los plazos se cumplan de manera más eficiente. Se ha instaurado una mentalidad centrada en la gestión del valor, eliminando actividades excesivas y concentrando los recursos en aspectos cruciales del proyecto. Esta optimización ha llevado a una notable reducción de tiempos muertos, gracias a una planificación más detallada y al uso eficiente de los recursos disponibles.

En cuanto a la calidad, Lean Construction ha inculcado una cultura de atención meticulosa y control riguroso. Se han establecido estándares claros y se promueve una mejora continua en cada etapa del proceso constructivo. Como resultado, la satisfacción del cliente ha aumentado, mejorando a su vez la percepción de la industria de la construcción en el país.

Uno de los aspectos más destacados de Lean Construction es la promoción de una cultura laboral ordenada y colaborativa. Se han implementado sistemas de comunicación efectivos, y se alienta la colaboración interdisciplinaria entre los equipos. Todos los participantes del proyecto, desde los directivos hasta los trabajadores en campo, están involucrados en un proceso de mejora continua, aportando su experiencia y conocimientos.

A pesar de sus múltiples beneficios, es esencial reconocer que la adopción de Lean Construction presenta sus propios desafíos. Su implementación exitosa requiere una preparación adecuada, una capacitación constante y el compromiso firme de la dirección. Pero con una implementación cuidadosa y adaptada a las particularidades del contexto chileno, Lean Construction tiene el potencial de establecerse como el estándar de excelencia en la construcción.

Para concluir, Lean Construction ha emergido como una herramienta poderosa que aborda y resuelve problemas históricos en la construcción chilena, desde la gestión de plazos y presupuestos hasta la mejora en la calidad y la cultura laboral. Al adoptar y adaptar adecuadamente esta metodología, la industria de la construcción en Chile está bien posicionada para encaminarse hacia un futuro más prometedor y próspero.

SOLO USO ACADÉMICO

6 Entrevistas

6.1 Entrevista a Marcus Sterzi

Marcus Sterzi, ¿tú eres ingeniero civil, verdad?

Sí, yo soy ingeniero civil y tengo una maestría en ingeniería civil con énfasis en Lean Construction y gestión de la cadena de suministros en la construcción. Entonces, mi maestría fue sobre cómo integrar la cadena de suministros con la construcción, eso en Brasil. Mi carrera profesional la inicié muy temprano, como alumno en práctica de una empresa de construcción dedicada plenamente a la construcción industrial y a obras privadas para el mercado de construcción industrial. También en obras civiles y ahí tuve la oportunidad de evolucionar en esa empresa y seguir de alumno en práctica para pasar a supervisor de obra, después a jefe del área de calidad y presupuestos. Desde ahí subí para gerente de proyectos en esa misma empresa. Después cambié para una empresa más grande en Brasil que estaba ubicada en la ciudad de San Pablo, que es una de las más grandes de Brasil y se llama Método. Seguí como gerente de proyectos, tenía más de 5 obras bajo mi supervisión y eran obras grandes. De ahí fui a gerente de construcción de una fusión entre 2 empresas de Brasil, una se llama Even y otra MELNIK. Yo diría que son de los más grandes grupos inmobiliarios de Brasil. En esa empresa fui gerente de construcción. Desde ahí me dediqué a ser socio de una inmobiliaria, una empresa un poco más pequeña, y también a ser socio de un grupo inmobiliario. Al mismo tiempo, fundamos la empresa LD Consulting, yo y Karina, mi esposa. Y desde 2014 me dediqué plenamente a la empresa LD Consulting, como socio y consultor. Pero en toda mi trayectoria profesional, además de mis funciones, me dediqué a implementar el Lean en las empresas en las que estuve y en los proyectos en los que participé.

¿Qué te motivó inicialmente a explorar y a implementar la Metodología Lean en la construcción? ¿Qué te llamó la atención?

Me llamó la atención justo cuando inicié mi grado y mi carrera en la construcción. Tuve la oportunidad de participar en proyectos de investigación en conjunto con una universidad que se llama Universidad Federal del Sur de Brasil, llamada UFRGS. En esa época, a fines de los 90 y al principio de los 2000, estaban investigando la implementación del Last Planner System, que aún no estaba totalmente desarrollado. Esa universidad tenía en la época una colaboración con la Universidad de Berkeley en California con el profesor, en la época, el ingeniero Glenn Ballard. Entonces tuve la oportunidad de ver en la investigación y en las prácticas del Last Planner System siendo implementadas en mi

proyecto. Y tuve la oportunidad de recibir en mi proyecto tanto a Glenn Ballard como a Greg Howell, que fueron los dos quienes desarrollaron el tema del Last Planner System en Estados Unidos. Eso fue un punto que me motivó. Hasta el día de hoy, es que había otra forma de planificar y controlar sin usar la carta Gantt. Eso fue el punto de partida, lo que me motivó y ver cómo funcionaba la metodología que ellos estaban estudiando e implementando en otros países y en Estados Unidos. Más que ese concepto de tener ciclos más cortos de planificación, poder mejorar según los problemas de la semana y subir los niveles de plan intermedios, hacer un análisis de decisiones con una mirada más cercana a 8 a 12 semanas. Entonces, toda esa metodología que era distinta a tener una planificación en un solo nivel y tener más niveles de planificación y control, eso me encantó. Y poder buscar la opinión de los trabajadores antes de la planificación. En la empresa donde yo trabajaba, la planificación no bajaba para la gente. Entonces, la idea que implementamos en el Last Planner es tener una participación más grande por parte de los trabajadores, conocer sus problemas, sus puntos débiles en la obra y poder aprender de eso.

¿Cómo ha cambiado su perspectiva personal sobre la construcción desde que comenzó a implementar Lean Construction?

Antes de comenzar con Lean, pensaba que la metodología Lean estaba basada en herramientas y que se debía formalizar los temas y procedimientos. Pero más que eso, lo que cambió mi perspectiva es que es un cambio cultural, enfocado principalmente en las personas en diferentes niveles, no tanto en los gerentes o directores, sino también en los trabajadores. Yo digo que Lean es cómo manejar un auto por la izquierda, como en Brasil, Chile y Latinoamérica. Pero si uno va a Inglaterra o Sudáfrica, tiene que manejar hacia la derecha, y es todo al revés. Lean es más que una formalización de herramientas; es un cambio en la cultura de hacer algo distinto. Muchas veces, las empresas buscan generar avance físico, pero Lean no busca eso, sino ritmos iguales, bajar un poco la velocidad para alcanzar un plazo más corto. Y eso no cuadra en las personas, y eso es lo difícil de cambiar en la cultura. Eso cambió mi perspectiva con el tiempo en la aplicación de Lean, que es un cambio cultural más que herramientas o conceptos.

¿Qué proyecto, en el que haya aplicado Lean Construction, le ha dejado la mayor satisfacción personal y por qué?

Es un proyecto especial que tuvimos en Brasil durante la consultoría de LD. Eso ocurrió entre los años 2016 y 2019. Fue un proyecto de implementación de Lean para una constructora alemana en Brasil, para la construcción de unas plataformas de petróleo en el mar. Fue un desafío porque Brasil tenía los peores datos de productividad. La idea era intentar una última alternativa para salvar la operación en Brasil de esa constructora que

tenía concesión de ese tipo de obra en todo el mundo. Nos contactaron como expertos en Lean y juntamos esfuerzos con la experiencia de los alemanes en proyectos en el norte de Francia, más la gente de Brasil que estaba ubicada allí, para cambiar la cultura de ese conjunto de obras y mejorar la productividad. Al final, después de dos jornadas de implementación, este núcleo de proyectos en Brasil pasó a ser el mejor en datos de productividad en el mundo para esa empresa. Por eso, fue una gran satisfacción, porque nos dieron un desafío muy grande y logramos optimizar un proceso de construcción con la aplicación de la metodología y Metodología, alcanzando ese mejor número de productividad en construcción. Ese fue un proyecto que dejó una satisfacción personal muy grande.

¿En qué países están trabajando actualmente?

Trabajamos en Chile, Brasil y Uruguay.

¿Qué diferencias ha observado entre la implementación de Lean Construction en Latinoamérica y, especialmente, en Chile?

Hablemos un poco más de Chile. En principios de agosto, estábamos conversando justamente sobre eso. El mercado chileno, a lo largo de los últimos años, ha sido muy estable. Su economía es más estable si la comparamos con otras, como Brasil, Argentina, Uruguay o Colombia. Esa estabilidad, desde un punto de vista, es muy buena, pero por otro lado, creo que falta un poco de competencia entre las personas para buscar mejoras. Eso no es solo a nivel personal, sino también a nivel empresarial. Cuando uno se acostumbra a buenos resultados, quiere seguir así sin cambiar. Eso es un poco distinto en Brasil, Uruguay y Argentina, donde las crisis generaron mayor competencia entre profesionales y empresas, y uno tiene que buscar mejoras constantemente. Esa estabilidad en Chile es buena, pero genera una cierta complacencia. Si uno está bien, no intenta mejorar. Y eso es lo que pasa en algunas empresas: tienen buenos resultados y demoran en buscar mejoras. Esa estabilidad puede hacer que uno se acostumbre a buenos resultados y no avance. Cuando hay una crisis, es difícil reaccionar. Esa es una diferencia del mercado chileno si lo comparamos con otros mercados. Es un poco parecido a Europa, donde también tienen esa estabilidad y, como están bien, no buscan mejoras.

¿Cuál fue el principal desafío que enfrentó al implementar la Metodología Lean en la construcción chilena, considerando las diferencias culturales y técnicas entre el resto de Latinoamérica?

En Chile, hay una diferencia técnica relacionada con los sismos. Con el tiempo, uno aprende y eso no impacta tanto en la implementación de alguna forma de construir. Sin embargo, como mencionaba anteriormente, el principal desafío radica en la ambición de las empresas y las personas por buscar mejoras y mejores resultados para su trabajo y negocio. Aunque hay una posibilidad de ganancia muy grande en la construcción, la costumbre de obtener buenos resultados sin buscar mejoras es un desafío. Es un cambio cultural que se necesita, más que solo herramientas o conceptos.

¿Cómo ha impactado la implementación de Lean Construction en la eficiencia y productividad de las obras en Socovesa?

De forma general, más que enfocarse en producir un número específico de casas o departamentos, se busca la estabilidad. Eso se ha logrado en Socovesa. Hoy en día, se observa una mayor estabilidad en la construcción, sin picos de producción por periodos de tiempo. Eso genera una ilusión de estabilidad, evitando sobrecargas de trabajo entre cuadrillas. Además, con la aplicación de Lean, se ha logrado una gestión más rápida y eficiente. En proyectos específicos, se han observado ganancias concretas, pero de forma general, la estabilidad en la producción ha sido una gran ganancia para una empresa como Socovesa.

¿Puede mencionar un proyecto específico en Santiago donde la implementación de Lean Construction haya tenido un impacto significativo en términos de tiempo, costos y calidad?

Hay un proyecto en Lampa, un conjunto de obras con etapas distintas. Es el único proyecto de casas que ha mantenido el mismo equipo de gestión a lo largo de 5 años. Antes, producían alrededor de 90 a 100 casas de cierta tipología al año, pero hoy, ese mismo equipo produce casi 300 casas al año, manteniendo los costos y mejorando la calidad. Es un caso de éxito en Socovesa.

En cuanto a edificios, no hemos logrado mantener un equipo de gestión constante. Sin embargo, en el sur, estamos viendo mejoras en edificios como el Parque Olimpia, donde, tras implementar conceptos de Lean, han logrado entregar en tiempo y con menos actividades de re-trabajo.

Aunque se forme un equipo nuevo y el personal tenga experiencia en la aplicación de Lean, aun así, dificulta el cambio cultural. Esto ocurrió en Socovesa Sur. Aunque se pueden incorporar nuevos miembros con experiencia, si hay nuevos administradores o profesionales de terreno, se tiene que comenzar nuevamente con el trabajo cultural.

¿Cómo ha sido la respuesta de los trabajadores chilenos hacia la adopción de la Metodología Lean en sus proyectos?

Creo que, más allá de ser chilenos, los trabajadores usualmente reaccionan positivamente. Quieren participar y ven como fundamental modificar las tareas semanales y revisar las restricciones. A medida que vamos incorporando la Metodología Lean poco a poco, las personas perciben su esencialidad para su trabajo. Necesitan saber sus actividades para la semana y aportar con una revisión de restricciones para tareas que iniciarán en unos 2 meses. Siempre reaccionan porque no estaban acostumbrados a trabajar de esta manera. Una vez que se incorporan a los conceptos, herramientas y conocimientos, estos pasan a ser parte de su rutina diaria. Hemos preguntado a trabajadores en proyectos en Chile si volverían a trabajar como antes, y la respuesta es unánime: no. Necesitan tener su planificación, un checklist de análisis y monitorear las desviaciones de ritmo y cuántas casas se construyen por semana. Al principio, reaccionan con cierto temor ante lo desconocido, pero una vez que se familiarizan, lo adoptan como parte integral de su trabajo.

¿Ahora se preguntan cómo trabajaban antes?

¡Jajaj, sí, exactamente! Es verdad.

¿Ha tenido algún mentor o figura inspiradora en su carrera que lo haya guiado en su viaje hacia la adopción de Lean Construction?

Sí, creo que Carlos Torres Formoso ha sido mi mentor. Antes había participado en procesos de investigación bajo el liderazgo de Carlos, y esa experiencia me incentivó a hacer mi maestría en temas de Lean. Hoy día, sigue siendo una figura referente para mí y continúa participando en alianza con LD, siempre abordando temas avanzados del Lean. Además de Carlos, encuentro inspiración en los pioneros del Lean, como Shingeo Shingo y Taiichi Ohno, quienes desarrollaron el sistema Lean para Toyota. Otra figura que me inspira es Dean Reed de DPR Construction, un profesional que trabaja en el tema de "Integrating Project Delivery (IPD)", una metodología que busca la integración temprana de stakeholders en un proyecto de construcción. Su habilidad para combinar el negocio y la academia es algo que valoro enormemente.

¿Hay algún libro, curso o recurso que haya tenido un impacto significativo en su enfoque personal hacia Lean Construction?

Sí, me inclino por los clásicos. Siempre valoro los clásicos del Lean. Destaco tres en particular: los relacionados con el "Toyota Production System". Hay dos que resalto: uno escrito por Shingeo Shingo y otro por Taiichi Ohno. Otro libro que me fascina es "Single-Minute Exchange of Die", que aborda la revolución de la manufactura y es también de Shingeo Shingo. Para aquellos interesados en Lean, es una lectura esencial. Además, hay otro que, aunque no es tan técnico, narra más una historia: "La máquina que cambió el mundo". Estos clásicos son, sin duda, mis favoritos.

¿Qué consejo le daría a su yo más joven, justo al inicio de su carrera, sabiendo lo que sabe ahora sobre Lean Construction?

Tuve la oportunidad de conocer el Lean a través de personas que estaban revolucionando la forma de trabajar. Mi consejo para mi yo más joven sería leer los clásicos, participar en congresos de Lean Construction y observar a las personas en acción. Esto no es algo exclusivo de Latinoamérica; es una tendencia mundial. Es fundamental familiarizarse con los conceptos de Lean y comenzar poco a poco. Es mejor elegir un proceso sencillo y no intentar abarcar todo de una vez. Hay que comenzar con objetivos pequeños y seguir monitoreando el progreso.

En su tiempo libre, ¿hay alguna actividad o hobby que sienta que complementa o enriquece su comprensión y práctica de Lean Construction?

Sí, tengo una pasión por la música. Toco la guitarra en una banda y he estudiado música formalmente. Esto me ayuda a ser más creativo y a buscar inspiración. Me encanta cómo puedo relacionar la música, que tiene mucho que ver con el ritmo, con otros aspectos de mi vida. Además, practico deportes que requieren mucha técnica, como el tenis. Estos deportes, por su enfoque en la técnica y la perfección, complementan mi carrera como consultor.

¿Cómo ve el futuro de la construcción en la próxima década y qué papel jugará Lean Construction en él?

Creo que Lean puede aprovechar en gran medida la tecnología que tenemos hoy en día. Participé recientemente, a principios de julio, en un congreso donde se discutió ampliamente sobre la huella de carbono y el impacto que genera la construcción. Se habló de cómo podemos optimizar la construcción para generar menos contaminación y reducir la huella de carbono, todo basado en la organización que un sistema Lean puede lograr. Veo esto como el futuro de la construcción: una optimización constante. También percibo una tendencia a incorporar más prefabricación y mecanización en las obras. No creo que

sigamos teniendo tantas personas trabajando directamente en la obra; en su lugar, deberíamos preparar y ensamblar todo con antelación y llevarlo más listo al terreno. Tuve la oportunidad de visitar Japón y observar la construcción modular, una tecnología muy específica que es adecuada para casas y edificaciones verticales de pocos pisos, como colegios o cárceles. Estos módulos prefabricados se llevan a la obra y se ensamblan, simplificando el proceso. En edificios de departamentos, donde más trabajo se concentra, especialmente en baños y cocinas, parte de este trabajo podría realizarse fuera de la obra, optimizando aún más el proceso.

¿Qué desafíos anticipa para Lean Construction a medida que las ciudades se vuelven más densas y los espacios de construcción más limitados?

Veo esto más como un desafío que como una limitación. Es esencial comprender el concepto básico de Lean, que es el valor para el cliente. Debemos considerar cómo mantenemos valores del pasado y cómo adaptamos esos valores al presente. Por ejemplo, actualmente, en condominios de edificios, se están redefiniendo los espacios comunes. Antes, ciertas facilidades, como las lavanderías, estaban dentro de cada departamento. Ahora, se están trasladando a espacios comunes, lo que reduce el espacio de construcción individual y fomenta las relaciones sociales. ¿Por qué tener una oficina en su departamento si puede tener un espacio de coworking en su edificio? Espacios como gimnasios y lavanderías pueden optimizarse dentro de los espacios comunes de los condominios. Veo esto como una adaptación de Lean a las ciudades que se están densificando.

¿Cómo ve la formación y educación en Lean Construction evolucionando en los próximos años para preparar a la próxima generación de profesionales de la construcción?

Creo que se está incorporando más contenido sobre Lean en los cursos de arquitectura e ingeniería en construcción. Antes, no se veía nada de esto en los programas académicos; uno tenía que hacer un diplomado o una especialización para aprender sobre Lean. Ahora, se está integrando más en los cursos regulares de ingeniería y arquitectura, pero aún creo que deberíamos potenciarlo más.

¿Qué papel jugará la inteligencia artificial y el análisis de datos en la optimización y mejora continua de los procesos de Lean Construction?

Creo que la inteligencia artificial y el análisis de datos jugarán un papel fundamental en el futuro. Se avecinan posibilidades de análisis de datos más rápidos que nos permitirán visualizar escenarios y hacer estimaciones de manera más eficiente. La

gente podrá tomar decisiones más rápidamente. Al generar datos con la inteligencia artificial, podremos prever escenarios, dejando de lado el abastecimiento constante de datos y enfocándonos solamente en tendencias y escenarios para tomar decisiones de forma más eficaz. Veo un gran beneficio en tener el apoyo de la inteligencia artificial y el manejo de datos en los proyectos y obras.

El uso del BIM (Building Information Modeling) ya incorpora inteligencia artificial. Realizamos una visita a obras en Emiratos Árabes en 2020 para monitorear la forma de trabajo de las personas y la distribución de estas en la obra, como si fuera un mapa de calor en tiempo real. Esta tecnología nos muestra la posibilidad de tener datos en tiempo real, aprovechando la inteligencia artificial para crear escenarios basados en tendencias.

¿Hay alguna anécdota personal que sienta que encapsula su experiencia y viaje con Lean Construction?

Siempre comparo Lean con la experiencia de viajar con maletas. Imagina que tienes 2 o 3 maletas para viajar; Lean sería como el carrito que usas para transportar esas maletas de manera más sencilla y sin esfuerzo. Sin embargo, si utilizas mal Lean, es como si estuvieras cargando el carrito sobre tu espalda, complicando todo el proceso. Lean debe ser una herramienta que facilite las cosas, no que las complique. Por eso, siempre que defino Lean a las empresas, les digo que su propósito es simplificar los procesos, hacer que el viaje (o proyecto) sea más fluido y rápido, reduciendo esfuerzos. No se trata de complicar las cosas, sino de hacerlas más sencillas.

6.2 Entrevista a Daniela Bertin

Daniela Bertin, se puede presentar por favor.

Mi nombre es Daniela Bertin. Soy ingeniero constructor de la Universidad de la Frontera y cuento con un diplomado en control y gestión de la Universidad del Desarrollo. He trabajado en el área de control y gestión durante ocho años, y de esos, cinco han sido dedicados al trabajo con la metodología Lean.

¿Por qué la Metodología Lean? ¿Qué les motivó a considerar su implementación en Socovesa?

En Socovesa, se estableció un área corporativa de BIM, que esencialmente se convirtió en el área de innovación corporativa. Esta área se dedicó a buscar mejoras en la construcción y, en ese proceso, descubrieron la metodología Lean. Lo que los motivó a adoptarla fue que ofrecía una mejora en los procesos, permitiéndonos autoevaluarnos y determinar qué estábamos haciendo incorrectamente y qué podíamos mejorar. Desde esa perspectiva, visitamos algunas constructoras en Latinoamérica que llevaban varios años trabajando con Lean y observaron los beneficios de su implementación.

El objetivo principal era implementar BIM, pero pronto nos dimos cuenta de que no podíamos hacerlo sin antes adoptar Lean. Esto se debe a que el principal propósito de implementar BIM es reducir la variabilidad en las obras.

Sabemos que el Toyota Production System (TPS) es la base de Lean. En su opinión, ¿cuál es el principio más desafiante del TPS para implementar en el sector de la construcción y por qué?

El desafío más grande de la implementación es el cambio cultural. Intentamos mostrar qué es lo que pasaba y el efecto en todas las obras. Todos los equipos que implementamos Lean tuvieron que experimentar una mala obra antes de tener una buena en términos de Lean. Por ejemplo, en una obra en Lampa, que era la más ordenada de todas, el administrador tenía una forma de trabajar y no entendía por qué, si él lo hacía bien, tenían que venir a cambiarlo. Cuando hicimos el piloto en esa obra, no lo recibió bien porque se sentía obligado a hacerlo. No adoptó ninguna herramienta de Lean en la primera etapa. Fue ya en la tercera etapa de ese proyecto que comenzó a ver las ventajas de Lean y empezó a adoptarlo. Sin embargo, ningún equipo aprende de los errores de otros; tienen que aprender de sus propios errores. "Si yo lo hago bien, ¿por qué tengo que cambiar mi forma de trabajar?". Ninguna de esas respuestas se enfoca en la mejora continua ni en la autoevaluación. La ambición de intentar demorarnos menos y ganar más para mejorar implica que, para poder hacer Lean, tengo que ver qué puedo optimizar. Pero en ese proceso de optimización, no quiero arriesgar lo que ya tengo. Eso les pasa a todos. Nos tomó 2 años antes de que nos escucharan. En el tercer año, recién comenzaron a escuchar. No es que tuviéramos la fórmula completa en el tercer año, pero fue entonces cuando se dieron cuenta y entendieron que teníamos razón. En ese tercer año pudimos

hacer presentaciones de costos y planificación, y se dieron cuenta de que nuestros números eran precisos. Cada gerente tuvo que experimentar un fracaso en una obra para darse cuenta.

Otro punto crucial es que, a veces, las obras no se atrasaban tanto. Cuando empezamos a evaluar las primeras líneas de balance, nos dimos cuenta de que podían atrasarse hasta 8 semanas y aun así cumplir con el plazo. Esto se debe a que no hay una planificación ajustada al recurso disponible. Por ejemplo, una obra gruesa se atrasa 8 semanas y aun así se entrega a tiempo.

¿No existe el recurso del "Justo a tiempo"?

Exactamente, eso nos falta. En muchos casos, teníamos espacio para trabajar y comenzábamos cuatro semanas antes, pero generalmente terminábamos seis semanas después. Por lo tanto, el recurso pasaba mucho más tiempo esperando. El principio del "justo a tiempo" aún nos cuesta; nos desafía estar preparados para comenzar exactamente cuándo planificamos hacerlo.

¿Cuál cree que es la herramienta que se puede aprovechar de mejor manera en el comienzo de un proyecto?

Lo primero es tener acotado el Last Planner. Sin el Last Planner, cualquier otra herramienta carece de sentido. Lo que más cuesta es la Planificación Intermedia (PI), porque todos asocian esta planificación con levantar restricciones. Luego de eso, es esencial mirar tu proceso y detectar dónde están los desperdicios. Bajo ese punto de vista, la herramienta del VSM o Mapeo del Flujo de Valor es excelente, porque te permite analizar cada uno de tus procesos y determinar cuánto puedes mejorar. Puedes identificar cuántas veces se repite una misma acción. El análisis del flujo de valor es muy útil. Además, en conjunto con el Last Planner, el levantamiento A3 también es fundamental en la primera etapa de la implementación del Lean.

¿Sería más beneficioso que el A3 se centrara en prevenir problemas en lugar de simplemente reaccionar a ellos?

Al principio no lo hicimos correctamente. El A3 se supone que es para identificar un problema. La idea de hacer los A3 era dejar en los paneles de gestión visual láminas para que cualquier persona relacionada con la obra pudiera señalar un problema. Tanto un capataz como un jefe de obra podían hacerlo. Luego, se determinaba si esa información ameritaba un A3 o no. Si tenías un problema de fácil solución, no era necesario un A3. Pero había problemas que se repetían y, si los resolvíamos con un A3, podíamos evitar que ocurrieran en otras obras. Por ejemplo, la partida de los muebles siempre se planificaba por piso y teníamos diez modelos de muebles en un piso. El mueblista en su fábrica trabaja en serie y fabrica repetidamente muebles del tipo uno. Nosotros hacíamos que llenara sus bodegas con muebles de tipo uno, dos, tres, etc., y luego nos despachara porque necesitábamos los diez modelos y no solo el tipo uno. Nuestra planificación no

estaba enfocada en hacer que fuera tirada (Pull) para que él trabajara eficientemente y nosotros también. Sin embargo, hasta el día de hoy se sigue planificando de esa forma (Push).

¿Cómo ha manejado la resistencia al cambio cuando se introduce un sistema tan transformador como Lean en una organización?

Cuando llegas a una empresa para realizar una implementación, es fundamental escuchar lo que hacen y cómo lo hacen. Luego, analizar cómo puedes adaptar eso a una implementación. No puedes llegar diciendo: "Aquí vengo con la respuesta definitiva para que lo hagan perfectamente". Analizar lo que han hecho durante 10 o 15 años es crucial. Es muy diferente tomar y ver lo que hacen, identificar los desperdicios, pero no desechar todo lo que han construido y empezar de cero. Al aprovechar lo que ya han hecho, la implementación se siente más propia para ellos. Pero si introduces algo completamente nuevo, pueden pensar que has traído un sistema ajeno y hay resistencia. Y cuando no estás, pueden volver a sus viejas prácticas. No hay una fórmula única; tenemos herramientas que se adaptan a cómo trabajan las empresas. Hay muchas prácticas de Lean que ya se realizan sin saberlo. Por ejemplo, cuando fuimos a trabajar al sur de Chile, nos enfocamos en el costo y la planificación. No llegamos con una fórmula perfecta; ellos ya trabajaban con líneas de balance. Así que tomé esas mismas líneas y realicé pequeños cambios. Lo mismo con el control de costos. La implementación era de ellos, no mía ni de nosotros. Lo más importante para superar la resistencia al cambio, creo yo, es que quienes comienzan la implementación sientan que es parte de ellos, y eso reduce la resistencia.

¿Desde su perspectiva, cuáles han sido los beneficios más significativos de implementar Lean Construction?

Uno de los principales beneficios es tener indicadores confiables. Hoy en día, con la planificación y la implementación de Lean y las líneas de balance, contamos con datos que podemos usar para crear nuevas planificaciones. Tenemos indicadores que nos permiten hacer proyecciones más realistas. Hay más orden, lo que nos permite reducir la cantidad de recursos necesarios para realizar el mismo trabajo. Al final, puedes usar menos para hacer lo mismo y te das cuenta de lo que estabas gastando de más.

¿Puede compartir un proyecto específico donde la implementación de Lean Construction haya marcado una diferencia notable?

En el proyecto de casas, específicamente en Lampa, notamos que podíamos avanzar hasta cuatro casas más a la semana ya en el tercer proyecto. En edificaciones de altura, es más complicado porque todos los edificios presentaron problemas. Sin embargo, tener la implementación de Lean nos permitió identificar esos problemas y analizar en qué nos estábamos equivocando. La resistencia al cambio en todos los edificios, creo yo, nos impidió generar un caso de éxito. Pero el verdadero logro fue poder anticiparnos y detectar los problemas con antelación. Por ejemplo, en un proyecto en Maipú, nos prestaron atención cuando estábamos prácticamente entregando el edificio completo.

¿Qué tan importante es mantener los equipos de trabajo juntos mientras se van desarrollando los proyectos?

No soy muy partidaria de mantener siempre los mismos equipos de trabajo. Creo que es esencial cambiar la organización. Como todos saben, en Lean, hasta el gerente debe dirigirse a la cinta transportadora para entender cómo se realiza el trabajo. Si hablamos de la organización como constructora, es necesario cambiar la estructura. Si trasladas a un profesional de terreno de un proyecto a otro, deberían trabajar de la misma manera. Lo que no debe disolverse es la idea de mantener a los equipos dentro de la compañía. Sin embargo, es un círculo vicioso mantener siempre al mismo equipo bajo el mismo gerente.

Dado que el "Jidoka" (automatización con un toque humano) es un pilar del TPS, ¿cómo cree que las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, pueden integrarse en Lean Construction sin perder ese toque humano?

Creo que la inteligencia artificial debe apoyarnos en las tareas rutinarias que no nos permiten pensar de manera crítica. Sin embargo, el aspecto humano implica reunirse, juntarse y observar lo que se está haciendo. Si nos enfocamos estrictamente en lo que hacíamos en planificación, la inteligencia artificial debería ayudarnos a recopilar datos de todas las planificaciones. Pero eso no impide que nos reunamos con los equipos para analizar esos datos. La inteligencia artificial nos ayuda a ser más eficientes y a considerar alternativas basadas en problemas ya resueltos.

A nivel personal, ¿cómo ha impactado la adopción de Lean Construction en su enfoque y visión sobre la construcción?

Antes de conocer lo que era Lean, ya aplicaba muchas de sus herramientas sin saber cómo se llamaban, conversaba con profesionales ese mismo tema, "Tú llevas Lean" o "Ayudas a implementar Lean", y comprendí que tienes que ser parte de ello, vivirlo en el trabajo y también fuera de él. Me di cuenta de que aplicaba la gestión visual incluso en mi casa. Con Lean, buscas que todo funcione eficientemente, minimizando el desperdicio y optimizando el tiempo. No hay espacio para errores. En cuanto al trabajo, después de adoptar Lean, los datos son más precisos, la gente trabaja de manera más ordenada y se gestiona mejor el uso de recursos.

En un mundo ideal, si la construcción chilena tuviera todos los recursos para llevar Lean al siguiente nivel, ¿cuál sería el siguiente paso o innovación que le gustaría implementar?

Hoy en día, no sé si hemos alcanzado la plenitud en la implementación de Lean en las empresas, pero creo que aún falta mucho por hacer. El siguiente paso sería comenzar a generar "kits" para disminuir los procesos de pérdida. En lugar de pedir unidades individuales, pediríamos, por ejemplo, todo lo necesario para instalar el piso del

departamento 201. No contaríamos cerámicas o herramientas por separado; todo vendría en un kit completo listo para ser instalado. Esto nos permitiría tener una programación "tirada" (Pull) en lugar de "empujada" (push). Un ejemplo de esto es cuando generamos kits de paneles de yeso cartón por departamentos con todas las herramientas, de modo que el maestro llegaba y trabajaba sin esperar la llegada de elementos adicionales. La primera meta fue disminuir la variabilidad. Dentro de eso, el cambio más significativo que hicimos en la empresa fue eliminar actividades en las líneas de balance, como los remates, y mejorar las terminaciones gruesas. Nos llevó tiempo hacer entender a los equipos que ese tiempo, ya sea corto o largo, se considera valioso. Antes, siempre teníamos que retocar o finalizar una tarea pendiente, y esos plazos, aunque parecieran cortos, se alargaban. Al final, se estableció un tiempo de espera para revisiones, que no se consideraba una actividad en sí.

SOLO USO ACADÉMICO

7 Glosario

- **5's:** Metodología para organizar y gestionar el espacio de trabajo. Incluye: Sort (Separar), Straighten (Ordenar), Shine (Limpiar), Standardize (Estandarizar) y Sustain (Mantener).
- **A3:** Herramienta de resolución de problemas que se presenta en un formato de papel A3.
- **Causas de No Cumplimiento (CNC):** Razones por las cuales no se cumplen los objetivos o metas establecidas.
- **Diagrama de Ishikawa:** Herramienta gráfica para identificar y representar causas de un problema específico.
- **Dr. Kaoru Ishikawa:** Experto japonés en control de calidad y creador del diagrama de Ishikawa.
- **Flujo continuo:** Producción sin interrupciones ni esperas entre pasos del proceso.
- **Flujo de valor:** Todos los pasos, tanto de valor añadido como no valor añadido, requeridos para llevar un producto desde su inicio hasta el cliente.
- **Fujio Cho:** Ex presidente de Toyota y uno de los principales promotores del sistema Toyota de producción.
- **Gemba Walk:** Práctica de observar el lugar real de trabajo para identificar oportunidades de mejora.
- **Gestor visual:** Herramientas visuales para mejorar la comunicación y eficiencia en la producción.
- **Heijunka:** Nivelación de la producción ajustando la producción y la carga de trabajo.
- **Jidoka:** Automatización con un toque humano, detiene la producción cuando se detectan problemas.
- **Just in Time (JIT):** Sistema de producción que produce lo que se necesita, en la cantidad necesaria y en el momento necesario.
- **Kaizen:** Metodología japonesa de mejora continua.

- **Kiichiro Toyoda:** Hijo de Sakichi Toyoda y fundador de Toyota Motor Corporation.
- **Lean Construction:** Método de producción enfocado en minimizar los desperdicios en la construcción y maximizar el valor del proyecto.
- **Lean Manufacturing:** Sistema de producción que busca reducir el desperdicio en la manufactura mientras mantiene la productividad.
- **Line of Balance (LOB):** Técnica de planificación y control para proyectos repetitivos.
- **PDCA:** Ciclo de mejora continua que significa Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.
- **Planificación del Sistema de Producción (PSP):** Estrategia para planificar y controlar la producción.
- **Planificación Intermedia (PI):** Planificación a medio plazo en la construcción.
- **Programación Semanal (PS):** Planificación detallada de las actividades semanales en un proyecto.
- **Pull:** Sistema donde la producción se basa en la demanda real del cliente.
- **Push:** Sistema donde la producción se basa en previsiones.
- **Sakichi Toyoda:** Fundador de Toyota Industries y conocido como el "rey del inventor japonés".
- **Taiichi Ohno:** Ingeniero industrial japonés y principal desarrollador del Toyota Production System.
- **Toyota:** Empresa multinacional japonesa, conocida por su producción de automóviles.
- **Toyota Production System (TPS):** Sistema de producción desarrollado por Toyota que se centra en la eliminación de desperdicios y la mejora continua.

8 Trabajos citados

- Banco Central de Chile. (2023). Obtenido de Banco Central de Chile: <https://www.bcentral.cl/documents/33528/4193033/CCNN-IT-2023.pdf/83ce24b8-d089-3ef4-b342-e30ba737deac?t=1684372028920>
- Instituto Lean. (2023). *Instituto Lean*. Obtenido de Instituto Lean: <https://institutoLean.cl/Lean-Construction/>
- Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Chile. (08 de mayo de 2023). *Ingeniería Civil Universidad de Chile*. Obtenido de [ingcivil.uchile](https://ingcivil.uchile.cl/noticias/204865/que-es-Lean-Construction-y-por-que-es-un-enfoque-de-gestion-necesario): <https://ingcivil.uchile.cl/noticias/204865/que-es-Lean-Construction-y-por-que-es-un-enfoque-de-gestion-necesario>
- Cámara Chilena de la Construcción. (mayo de 2023). *MACH 64, INFORME DE MACROECONOMÍA Y CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de Cámara Chilena de la Construcción: https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Informe_MACH64.pdf
- tour innovación. (21 de marzo de 2023). *tour innovacion*. Obtenido de [tour innovacion](https://www.tourinnovacion.cl/industrias/como-la-construccion-del-futuro-en-chile-apunta-hacia-la-productividad-y-sostenibilidad/): <https://www.tourinnovacion.cl/industrias/como-la-construccion-del-futuro-en-chile-apunta-hacia-la-productividad-y-sostenibilidad/>
- Investigación y desarrollo en la construcción. (septiembre de 2022). *cdt*. Obtenido de [cdt.cl](https://www.cdt.cl/desafios-para-el-sector-investigacion-y-desarrollo-en-la-construccion/): <https://www.cdt.cl/desafios-para-el-sector-investigacion-y-desarrollo-en-la-construccion/>
- Cámara Chilena de la Construcción. (2021). Índice de Transformación Digital de la Construcción. *Primera Versión Índice de Transformación Digital de la Construcción ITD*. Santiago: pmgchile. Obtenido de https://www.pmgchile.com/wp-content/uploads/2022/02/Primera_Version_-_Indice-de-Transformacion-Digital-de-la-Construccion_ITD_2021_PMG.pdf
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (27 de septiembre de 2022). Obtenido de [cdt.cl](https://www.cdt.cl/desafios-para-el-sector-investigacion-y-desarrollo-en-la-construccion/): <https://www.cdt.cl/desafios-para-el-sector-investigacion-y-desarrollo-en-la-construccion/>
- Liker, J. K. (2021). *Las claves del éxito de TOYOTA (5ª Edición)*. Colombia: Planeta Colombia.
- Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Ohno, T. (1991). *EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA Más allá de la producción a gran escala*. Productivity Press.
- Marchwinski, C., Shook, J., & Alexis, S. (Marzo de 2008). *Léxico Lean glosario gráfico para Pensadores Lean*. Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: Lean Enterprise Institute.
- maynard, P. (14 de noviembre de 2006). Robert B. McCurry, 83, Auto Executive, Dies. *The new York Times*, pág. 15.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2003). *Lean Thinking*. Barcelona: Gestión 2000.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. Barcelona: Marge Books.
- Saxon, W. (22 de agosto de 2001). Philip Crosby, 75, Developer Of the Zero-Defects Concept. *The New York Times*, pág. 15.
- Senge, P. (2019). *La Quinta Disciplina*. Argentina: Ediciones granica, s.a.

- Productividad, L. (28 de julio de 2022). *https://Leansisproductividad.com/*. Obtenido de Leansis productividad: *https://Leansisproductividad.com/diagrama-causa-efecto-ishikawa*
- Priolo, R. (02 de marzo de 2020). *Planet Lean*. Obtenido de planet-Lean.com: *https://www.planet-Lean.com/articles/what-is-a3-thinking*
- Priolo, R. (22 de agosto de 2019). *Planet Lean*. Obtenido de planet-Lean.com: *https://www.planet-Lean.com/articles/5s-Lean*

SOLO USO ACADÉMICO

9 Tabla de figuras

FIGURA 3.1 CASA TOYOTA PRODUCTION SYSTEM.....	10
FIGURA 3.2 FIGURA PLANIFICACIÓN MENSUAL.....	20
FIGURA 3.3 GESTOR VISUAL.....	23
FIGURA 3.4 DIAGRAMA ISHIKAWA.....	25
FIGURA 4.1 LOB REV 0 WALKER MARTÍNEZ.....	40
FIGURA 4.2 PAC GENERAL WALKER MARTÍNEZ.....	41
FIGURA 4.3 PAC WALKER MARTÍNEZ OBRA GRUESA ANTES DE TERMINACIÓN.....	42
FIGURA 4.4 PAC WALKER MARTÍNEZ, OBRA GRUESA Y TERMINACIONES EN INTERSECCIÓN.....	43
FIGURA 4.5 PAC WALKER MARTÍNEZ, OBRA GRUESA EN INTERSECCIÓN.....	44
FIGURA 4.6 PAC WALKER MARTÍNEZ, OBRA GRUESA EN INTERSECCIÓN.....	45
FIGURA 4.7 PAC WALKER MARTÍNEZ, TERMINACIONES.....	46
FIGURA 4.8 DATOS ESTADÍSTICOS.....	47
FIGURA 4.9 LOB REV 3 PROYECTO WALKER MARTÍNEZ.....	49
FIGURA 4.10 EVOLUCIÓN DE RETRASO EN OBRA.....	50
FIGURA 4.11 CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO DE SEMANA 63 A SEMANA 138.....	51
FIGURA 4.12 LINE OF BALANCE TORRE A JUAN MITJANS.....	53
FIGURA 4.13 PAC GENERAL JUAN MITJANS.....	54
FIGURA 4.14 PAC OBRA GRUESA JUAN MITJANS.....	55
FIGURA 4.15 PAC JUAN MITJANS, OBRA GRUESA Y TERMINACIONES EN INTERSECCIÓN.....	56
FIGURA 4.16 PAC JUAN MITJANS, OBRA GRUESA EN INTERSECCIÓN.....	57
FIGURA 4.17 PAC JUAN MITJANS, OBRA GRUESA EN INTERSECCIÓN.....	58
FIGURA 4.18 PAC JUAN MITJANS, TERMINACIONES.....	59
FIGURA 4.19 DATOS ESTADÍSTICOS.....	60
FIGURA 4.20 LOB JUAN MITJANS.....	61
FIGURA 4.21 ANÁLISIS ISHIKAWA JUAN MITJANS.....	63
FIGURA 4.22 LINE OF BALANCE PLAZA LA FLORIDA.....	65
FIGURA 4.23 PAC PLAZA LA FLORIDA.....	66
FIGURA 4.24 PAC OBRA GRUESA PLAZA LA FLORIDA.....	67
FIGURA 4.25 PAC PLAZA LA FLORIDA, OBRA GRUESA Y TERMINACIONES EN INTERSECCIÓN.....	68
FIGURA 4.26 PAC PLAZA LA FLORIDA, OBRA GRUESA EN INTERSECCIÓN.....	69
FIGURA 4.27 PAC PLAZA LA FLORIDA, TERMINACION EN INTERSECCIÓN.....	70
FIGURA 4.28 PAC PLAZA LA FLORIDA, TERMINACIÓN.....	71
FIGURA 4.29 DATOS ESTADÍSTICOS.....	73
FIGURA 4.30 LÍNEA DE BALANCE O CONSISTORIAL.....	74
FIGURA 4.31 PAC CONSISTORIAL.....	75
FIGURA 4.32 PAC OBRA GRUESA CONSISTORIAL.....	76
FIGURA 4.33 PAC CONSISTORIAL, OBRA GRUESA Y TERMINACIONES EN INTERSECCIÓN.....	77
FIGURA 4.34 PAC CONSISTORIAL, OBRA GRUESA EN INTERSECCIÓN.....	78
FIGURA 4.35 PAC CONSISTORIAL, TERMINACION EN INTERSECCIÓN.....	79
FIGURA 4.36 PAC CONSISTORIAL, TERMINACIÓN.....	80
FIGURA 4.37 DATOS ESTADÍSTICOS.....	81
FIGURA 4.38 PLANIFICACIÓN SECCION FUNDACIONES CONSISTORIAL.....	81
FIGURA 4.39 COMPARACIÓN LÍNEA DE BALANCE Y AVANCE REAL CONSISTORIAL.....	82
FIGURA 4.40 PLANIFICACIÓN SEMANAL N°15 CONSISTORIAL.....	83
FIGURA 4.41 PLANIFICACIÓN SEMANAL N°39 CONSISTORIAL.....	83
FIGURA 4.42 PLANIFICACIÓN SEMANAL N°40 CONSISTORIAL.....	84
FIGURA 4.43 LINE OF BALANCE I CONSISTORIAL.....	85
FIGURA 4.44 COMPARACIÓN LÍNEA DE BALANCE Y AVANCE REAL CONSISTORIAL.....	86

FIGURA 4.45 PORCENTAJES DE ACTIVIDAD CUMPLIDAS ENTRE SEMANA 28 Y 61 CONSISTORIAL.	87
FIGURA 4.46 PLANIFICACIÓN SEMANAL N°33 CONSISTORIAL.	88
FIGURA 4.47 PLANIFICACIÓN SEMANAL N°41 CONSISTORIAL.	89
FIGURA 4.48 PLANIFICACIÓN SEMANAL N°55 CONSISTORIAL.	90
FIGURA 4.49 COMPARACIÓN LÍNEA DE BALANCE Y AVANCE REAL CONSISTORIAL.....	91
FIGURA 4.50 LINE OF BALANCE II CONSISTORIAL.	92
FIGURA 4.51 COMPARACIÓN LÍNEA DE BALANCE Y AVANCE REAL CONSISTORIAL.....	93

SOLO USO ACADÉMICO