

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS
PRODUCTIVOS EN EMPRESA PROMET, A TRAVÉS DE METODOLOGÍA
LEAN.**

Trabajo de titulación, para optar al
título profesional de Ingeniera de
Ejecución en Gestión Industrial.

Alumno
Carolina Paz Miranda Gatica.

Profesor Guía
Sr. Ricardo Cahe Cabach.

DEDICATORIA

A mi madre, hermana y abuela, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional, no solo en los momentos de calma, sino también en los momentos de incertidumbre. Su amor, comprensión y paciencia han sido mi fortaleza en cada paso de este camino. Gracias por ser mi refugio y por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A mi familia en general, quienes, con sus palabras de aliento, su confianza y su presencia constante me han motivado a seguir adelante. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado, incluso cuando el camino parecía largo y difícil.

A mis amigos en general, por entender mi poco tiempo, por darme aliento cuando creía que no podía más. Gracias por su paciencia, por su apoyo inquebrantable y por estar ahí cuando más los necesité, aun en la distancia.

Finalmente, a mí misma, por la perseverancia que me permitió superar las noches de llanto, los momentos de desvelo y el cansancio que me desbordaba. Gracias por no rendirme, por tener clara la meta y por querer más, incluso cuando el esfuerzo parecía ser más de lo que podía soportar. Este logro es el reflejo de mi lucha, mi compromiso y mi deseo constante de crecer.

Este trabajo es fruto de la expansión de mi mente, del conocimiento adquirido, y de la lucha constante por conseguir lo que un día soñé alcanzar.

A todos, gracias por hacer esto posible.

*"La mente que se abre a una nueva idea nunca volverá a su tamaño original."
Albert Einstein.*

RESUMEN

Keywords: METODOLOGÍA LEAN, CONSTRUCCIÓN MODULAR, INDUSTRIALIZACIÓN

En la última década, la metodología Lean ha adquirido una relevancia significativa a nivel global debido a su capacidad para optimizar procesos productivos y eliminar ineficiencias. Si bien sus raíces se encuentran en la industria manufacturera, esta metodología se ha expandido exitosamente a sectores diversos, incluido el de la construcción. Su enfoque en maximizar el valor para el cliente, reducir desperdicios y mejorar la calidad, la productividad y los tiempos de entrega la posiciona como una herramienta clave para las empresas que buscan mantenerse competitivas.

En este período, las organizaciones han enfrentado crecientes desafíos relacionados con la competitividad, los costos operativos, la sostenibilidad y la eficiencia. En este contexto, Lean ha demostrado ser una solución estratégica al promover la mejora continua, la eliminación de actividades sin valor agregado y la simplificación de los flujos de trabajo. Estos principios han permitido a empresas de múltiples industrias obtener ahorros significativos, reducir los tiempos de producción y aumentar la calidad de sus productos o servicios. Además, la creciente demanda de eficiencia, impulsada por los avances tecnológicos y las expectativas de los consumidores, ha consolidado a Lean como una metodología esencial para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento empresarial.

La implementación de la metodología Lean en una empresa de construcción modular, como Promet, genera mejoras sustanciales en la productividad. Al reducir tiempos muertos, optimizar la planificación y maximizar el uso eficiente de recursos, esta metodología permite incrementar la producción de módulos, reducir costos operativos y elevar la satisfacción del cliente. En un sector caracterizado por plazos estrictos y márgenes reducidos, Lean se convierte en un diferenciador estratégico y una ventaja competitiva clave.

Capítulo 1, "Diagnóstico y Metodología", abordará los objetivos del presente estudio, describirá la situación actual de la empresa y explicará la metodología de trabajo que justifica dicho análisis. Además, se detallará cómo se evaluará el proyecto, con el fin de establecer una base sólida y un precedente sobre el cual trabajar, teniendo siempre claro el horizonte al que se desea llegar.

Capítulo 2, "Análisis de Prefactibilidad de Mercado", detalla el análisis de prefactibilidad de mercado, definiendo el alcance del proyecto, la capacidad productiva actual, las proyecciones de crecimiento y las variables que podrían influir en su desempeño.

Capítulo 3, “Análisis de Prefactibilidad Técnica”, aborda la viabilidad técnica, identificando los recursos necesarios y proponiendo optimizaciones mediante herramientas como VSM, 5S y software especializado como Parse Suite, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa. Además, se realiza cuantificación de la inversión inicial necesaria para la implementación del proyecto (4443 UF).

Capítulo 4, “Análisis de Prefactibilidad Administrativa, Legal, Societaria, Tributaria, Financiera y Ambiental”, evalúa los aspectos administrativos, legales, tributarios, financieros y ambientales, destacando incentivos como la depreciación acelerada y el cumplimiento normativo necesario para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Capítulo 5, “Evaluación Económica” analiza la viabilidad económica del proyecto a través de indicadores clave como VAN, TIR y PRI, proyectando un incremento del 25% en la capacidad productiva en el primer año, con un crecimiento sostenido del 5% anual durante los años siguientes. Además de realizar estudio de flujo de caja con 3 tipos de financiamiento, siendo el financiamiento externo de un 75% el más provecho; considera un VAN 288.971 UF; TIR 6446% PRI de 1 año y un IVAN de 65.

Este análisis confirma que la implementación de la metodología Lean no solo es viable, sino que generará ahorros significativos y mejorará la rentabilidad de Promet.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	2
1. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	3
1.1. DIAGNÓSTICO	3
1.2. METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO	20
2. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO	21
2.1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	21
2.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA.....	25
2.3. COMPORTAMIENTO DEL MERCADO	33
2.4. ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN	40
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA	43
3. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA	44
3.1 DEFINICIÓN DE PROCESOS	44
3.2 MEJORA DE PROCESOS Y SU IMPACTO EN LOS COSTOS	56
3.3 DIAGRAMA DE FLUJO.....	61
3.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE	64
3.5 DETERMINACIÓN DE INSUMOS, PRODUCTOS	70
3.6 PROGRAMAS DE TRABAJO Y TURNOS.....	71
3.7 PERSONAL DE OPERACIONES; CARGOS, PERFILES Y SUELDOS	71
3.8 INVERSIONES DE EQUIPOS Y SOFTWARE	72
3.9 INVERSIONES DE CAPITAL DE TRABAJO	73
3.10 COSTOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	75
3.11 COSTOS IMPREVISTOS	76
3.12 TABLA RESUMEN DE INVERSIÓN INICIAL	76
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD ADMINISTRATIVA, LEGAL, SOCIETARIA, TRIBUTARIA, FINANCIERA Y AMBIENTAL	78
4. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD ADMINISTRATIVA, LEGAL, SOCIETARIA, TRIBUTARIA, FINANCIERA Y AMBIENTAL	79
4.1 ADMINISTRATIVA	79

4.2	LEGAL	81
4.3	SOCIETARIA.....	82
4.4	TRIBUTARIA	84
4.5	FINANCIERA.....	85
4.6	AMBIENTAL	86
4.7	GESTIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS.....	89
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA		91
5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	92
5.1.	CONSIDERACIONES.....	92
5.2.	PROYECTO PURO	102
5.3.	PROYECTO CON FINANCIAMIENTO.....	104
5.4.	RENTABILIDAD.....	106
5.5.	SENSIBILIZACIÓN	107
CONCLUSIONES.....		111
REFERENCIAS.....		114
ANEXOS		115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Casa de sistema producción Toyota.....	6
Figura 2.1 Cinco fuerzas de PORTER	33
Figura 2.2 Ubicación macro, planta de producción Chacabuco	41
Figura 2.3 Ubicación micro, planta de producción Chacabuco.....	42
Figura 2.4 Ubicación satelital, planta de producción Chacabuco	42
Figura 3.1 Diagrama de flujo general.....	61
Figura 3.2 Diagrama de flujo, ítem análisis.....	62
Figura 3.3 Diagrama de flujo, ítem implementación.....	63
Figura 3.4 Diagrama de flujo, ítem seguimiento	63
Figura 3.5 Imagen referencial de computador	65
Figura 3.6 Imagen referencial pizarras	65
Figura 3.7 Imagen referencial organizador de herramientas	66
Figura 3.8 Imagen referencial set 18 cajas organizadoras	67
Figura 3.9 Imagen referencial kit de cargador más batería Makita.....	68
Figura 3.10 Imagen referencial carros metodología Kanban.....	69
Figura 3.11 Imagen referencial tarjeta magnética Kanban	70
Figura 5.1 Impuesto primera categoría	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Empresas con mayor competitividad en la industria modular.....	23
Tabla 2.2 Capacidad productiva durante los últimos 10 años	26
Tabla 2.3 Horarios de trabajo.....	26
Tabla 2.4 Proyección de demanda; método de regresión lineal.....	27
Tabla 2.5 Proyección de demanda, próximos 3 años	28
Tabla 2.6 Variación de demanda respecto al año anterior	28
Tabla 2.7 Proyección demanda futura	30
Tabla 2.8 Resumen oportunidades y amenazas.....	35
Tabla 3.1 VSM actual - puestos de trabajos y actividades	45
Tabla 3.2 Análisis de tiempos - VSM actual.....	46
Tabla 3.3 Análisis de puestos de trabajos críticos	49
Tabla 3.4 VSM propuesto - Estaciones y actividades.....	51
Tabla 3.5 VSM propuesto - análisis de tiempo	52
Tabla 3.6 VSM actual v/s propuesto	53
Tabla 3.7 Estructura de costo actual.....	57
Tabla 3.8 Reducción costo mano de obra	59

Tabla 3.9 Reducción de costos de materiales	60
Tabla 3.10 Resumen de costos generales.....	60
Tabla 3.11 Comparativa de optimización de costos	61
Tabla 3.12 Porcentaje de optimización en la estructura de costos.....	61
Tabla 3.13 Resumen de insumos, productos.....	70
Tabla 3.14 Programa de trabajo.....	71
Tabla 3.15 Resumen de personal de operaciones	71
Tabla 3.16 Cargo, perfil y sueldo.	72
Tabla 3.17 Desglose de inversión - Equipos y Software	72
Tabla 3.18 Resumen de inversión.....	73
Tabla 3.19 Diferencia de demanda	74
Tabla 3.20 Distribución porcentaje de demanda.....	74
Tabla 3.21 Inversión de capital (UF), método de déficit acumulado	75
Tabla 3.22 Costos de instalación y puesta en marcha	76
Tabla 3.23 Resumen inversión inicial	77
Tabla 5.1 Depreciación acelerada de activos fijos.....	95
Tabla 5.2 Prima de riesgo	96
Tabla 5.3 Datos Crédito con 50% financiamiento externo	98
Tabla 5.4 Amortización con 50% de financiamiento externo	98
Tabla 5.5 Datos Crédito con 75% financiamiento externo	99
Tabla 5.6 Amortización con 75% de financiamiento externo	99
Tabla 5.7 Porcentaje de variación aumento de demanda	100
Tabla 5.8 Desglose de ingresos.....	100
Tabla 5.9 Resumen de costos variables	100
Tabla 5.10 Resumen de costos variables para los próximos 4 años.....	101
Tabla 5.11 Desglose de costos	102
Tabla 5.12 Proyección de costos indirectos de fabricación	102
Tabla 5.13 Resumen de egresos	102
Tabla 5.14 Flujo de caja puro o sin financiamiento	103
Tabla 5.15 Indicadores flujo de caja puro	103
Tabla 5.16 Flujo de caja con financiamiento externo del 50%.....	104
Tabla 5.17 Indicadores Flujo de caja con financiamiento externo del 50%	105
Tabla 5.18 Flujo de caja con financiamiento externo del 75%.....	105
Tabla 5.19 Indicadores flujo de caja con financiamiento externo del 75%	106
Tabla 5.20 Comparativa de rentabilidad	107
Tabla 5.21 Sensibilización de ingresos - demanda.....	108
Tabla 5.22 Sensibilización de egresos - remuneraciones	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Proyección de la demanda bajo situación actual	29
Gráfico 2.2 Proyección demanda futura.....	31
Gráfico 3.1 VSM Estado actual	47
Gráfico 3.2 VSM Estado actual - Actividades críticas	48
Gráfico 3.3 VSM - propuesto.....	52
Gráfico 5.1 Sensibilización de los ingresos - demanda	108
Gráfico 5.2 Sensibilización de los egresos - remuneraciones	110

INTRODUCCIÓN

En Chile, el déficit habitacional alcanza los 1,1 millones de viviendas, afectando a miles de familias sin acceso a un hogar adecuado. Este problema no solo refleja una crisis social, sino también un desafío estructural que exige soluciones innovadoras y sostenibles. Para enfrentar este desafío, se lanzó el programa Déficit Cero (Ministerio de vivienda y urbanismo, 2024), cuyo objetivo es reducir significativamente el déficit habitacional mediante la colaboración entre el sector público y privado. Este esfuerzo busca integrar estrategias modernas que permitan acelerar la provisión de viviendas sociales de calidad, atendiendo las necesidades de las familias más vulnerables. En este contexto, la construcción modular emerge como una solución eficaz y revolucionaria. Aunque esta técnica no es nueva, en los últimos años ha ganado protagonismo como una alternativa viable para la construcción de viviendas sociales. Su capacidad para reducir los tiempos de ejecución, minimizar los impactos ambientales y garantizar estándares de calidad la posicionan como una opción preferente en el sector. Este enfoque aprovecha los avances en la industrialización y las nuevas tecnologías, combinando rapidez, sostenibilidad y precisión en los procesos constructivos. A medida que crece la demanda por soluciones habitacionales, la construcción modular se consolida como un pilar fundamental para abordar el déficit de manera eficiente.

Promet, con más de 30 años de experiencia en el sector de la construcción modular, se perfila como un actor clave en este proceso. Sin embargo, para garantizar su competitividad, es fundamental mejorar los procesos productivos mediante metodologías que optimicen la eficiencia. La metodología Lean, centrada en la eliminación de desperdicios y la mejora continua, ofrece un enfoque efectivo para maximizar el valor entregado, reducir costos y mejorar la calidad.

La metodología Lean, originada en el sistema de producción Toyota, se centra en la eliminación de desperdicios (muda), la creación de flujos de trabajo más eficientes y la mejora continua (Kaizen). Su enfoque en maximizar el valor entregado al cliente, reducir costos y optimizar tiempos de producción la convierte en una herramienta poderosa para empresas que buscan mantenerse competitivas. Lean no solo mejora los procesos internos, sino que también promueve una cultura organizacional orientada a la excelencia, involucrando a todos los niveles de la organización en la búsqueda de mejoras constantes.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica, operativa y económica de implementar Lean en las líneas de producción de Promet, identificando los desperdicios, cuantificando beneficios y proponiendo mejoras que aseguren un impacto positivo en la competitividad y productividad de la empresa.

CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1.1. DIAGNÓSTICO

1.1.1. Antecedentes generales

Promet es una empresa chilena con más de 30 años de trayectoria, especializada en el diseño, fabricación y montaje de campamentos mineros mediante sistemas modulares, reconocidos por su flexibilidad y rápida instalación. Fundada a finales de los años 80 como una empresa familiar, su misión ha sido proporcionar soluciones modulares de alta calidad para la industria minera. Hoy en día, Promet ofrece una amplia gama de productos que incluyen desde oficinas corporativas y campamentos de dormitorios, hasta comedores y salas de cambio, disponibles tanto para arriendo como para venta, adaptándose a las necesidades de sus clientes.

En 2020, el Grupo CINTAC adquirió el 60% de las acciones de Promet, integrándola al holding CAP (Compañía de Acero del Pacífico), el mayor grupo siderúrgico de Chile. Esta fusión ha generado sinergias clave, permitiendo a Promet aprovechar las materias primas de CINTAC, lo que ha impulsado la versatilidad y desarrollo de diseños de ingeniería modular. Bajo esta nueva estructura, Promet ha atravesado un proceso de reestructuración enfocado en optimizar sus operaciones, mejorar la rentabilidad y reducir los costos operativos en su línea de producción. Con un enfoque centrado en la industria minera, Promet se especializa en soluciones modulares para la construcción en zonas remotas y de difícil acceso. Este tipo de construcción controlada no solo ofrece flexibilidad en el diseño, sino también adaptabilidad a diversos usos, lo que ha incrementado su popularidad, especialmente en el sector minero, debido a su capacidad de entregar soluciones rápidas y eficientes.

En un contexto de creciente demanda por prácticas sostenibles, Promet se ha comprometido a desarrollar soluciones que no solo satisfagan las necesidades de sus clientes, sino que también minimicen el impacto ambiental. Esto incluye la reducción del consumo de recursos naturales y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Actualmente, Promet está diversificando su cartera de productos, con el objetivo de abarcar nuevos segmentos de mercado y priorizar proyectos con impacto social positivo. Uno de sus principales enfoques es la creación de soluciones modulares para viviendas unifamiliares asequibles, como respuesta al creciente déficit habitacional en Chile. La empresa busca promover la sostenibilidad a largo plazo mediante la incorporación de técnicas y materiales innovadores que permitan reducir los costos y tiempos de ejecución, sin comprometer la calidad ni la seguridad de sus estructuras.

En, este marco, y con el fin de satisfacer la necesidad de viviendas sociales, se ha vuelto imprescindible llevar a cabo un levantamiento de procesos para identificar los principales puntos críticos. A través de la metodología Lean, Promet implementa medidas para reducir desperdicios, eliminar cuellos de botella y reducir costos. Así, busca garantizar la producción con los más altos estándares de calidad, confiabilidad y seguridad que siempre han caracterizado a la empresa.

1.1.1.1. Misión

“La Misión de PROMET SERVICIOS es dar respuesta a los requerimientos de servicios de ingeniería, construcción y arriendo de infraestructura de apoyo para la minería y otras áreas, de manera oportuna y eficiente para nuestros clientes, ofreciendo servicios de calidad, innovadores, seguros y respetuosos con el medio ambiente. A su vez, nuestra empresa se compromete a brindar a su capital humano la posibilidad de cumplir sus expectativas profesionales y de desarrollo personal y generar rentabilidad.” (Promet, 2023)

1.1.1.2. Visión

“La Visión de PROMET SERVICIOS es ser la empresa líder en el mercado nacional capaz de resolver necesidades de ingeniería, construcción y arriendo de infraestructura de apoyo para la minería y otras áreas, reconocida por ofrecer servicios que satisfacen íntegramente las expectativas de sus clientes, basándose en altos estándares de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente. Nuestra organización aspira a tener un crecimiento continuo y sustentable, destacándose por ser una empresa que contribuye positivamente a la sociedad en que está inserta y que brinda oportunidades desarrollo profesional y personal a su equipo de trabajo.” (Promet, 2023)

1.1.1.3. Valores

Dentro de los valores declarados por PROMET SERVICIOS (2023) se encuentran los siguientes:

- Orientados a dar satisfacción a nuestros clientes.
- Excelencia en la calidad del servicio.
- Actuamos con integridad.
- Nuestro éxito se basa en nuestros recursos humanos.
- Ambiente laboral respetuoso y grato.
- Comprometidos con el desarrollo sustentable.
- Trabajamos en equipo.
- Buscamos la innovación.
- Reconocemos y premiamos el desempeño de nuestra gente.

1.1.2. Antecedentes específicos

1.1.2.1. Lean Manufacturing

Cuando nos referimos a Lean, hablamos de una filosofía y un enfoque que hace hincapié en la eliminación de residuos o de no valor añadido trabajo a través de un enfoque en la mejora continua para agilizar las operaciones. Está centrado en el cliente y enfatiza el concepto de eliminar cualquier actividad que no agregue valor a la creación o entrega de un producto o servicio. Lean se centra en ofrecer una mayor calidad, reducir el tiempo de ciclo y reducir los costos. Cabe señalar que el término Lean Manufacturing es el más utilizado y aceptado en el ámbito empresarial, pero en español no hay un término en especial reconocido, por lo que distintos autores utilizan diferentes nombres, como Manufactura o Proceso esbeltos.

Este se basa en el Sistema de producción de Toyota, el cual fue desarrollado e implementado en Japón por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo. (Toyota Motor Corporation, 2003)

De acuerdo con (Hernández, 2013), (Hernández, 2013) *“El origen de Lean Manufacturing se encuentra en el momento en que las empresas japonesas adoptaron una cultura, consistente en buscar obsesivamente la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación a nivel de puesto de trabajo y línea de fabricación, todo ello en contacto directo con los problemas y contando con la colaboración involucración y comunicación plena con los directivos, mandos y operarios”*. Además, afirma que *“Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicios”*. Señalando que los tipos de desperdicio corresponden a *“La sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos”*. También añade que *“Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo”*. (Hernandez, 2013)

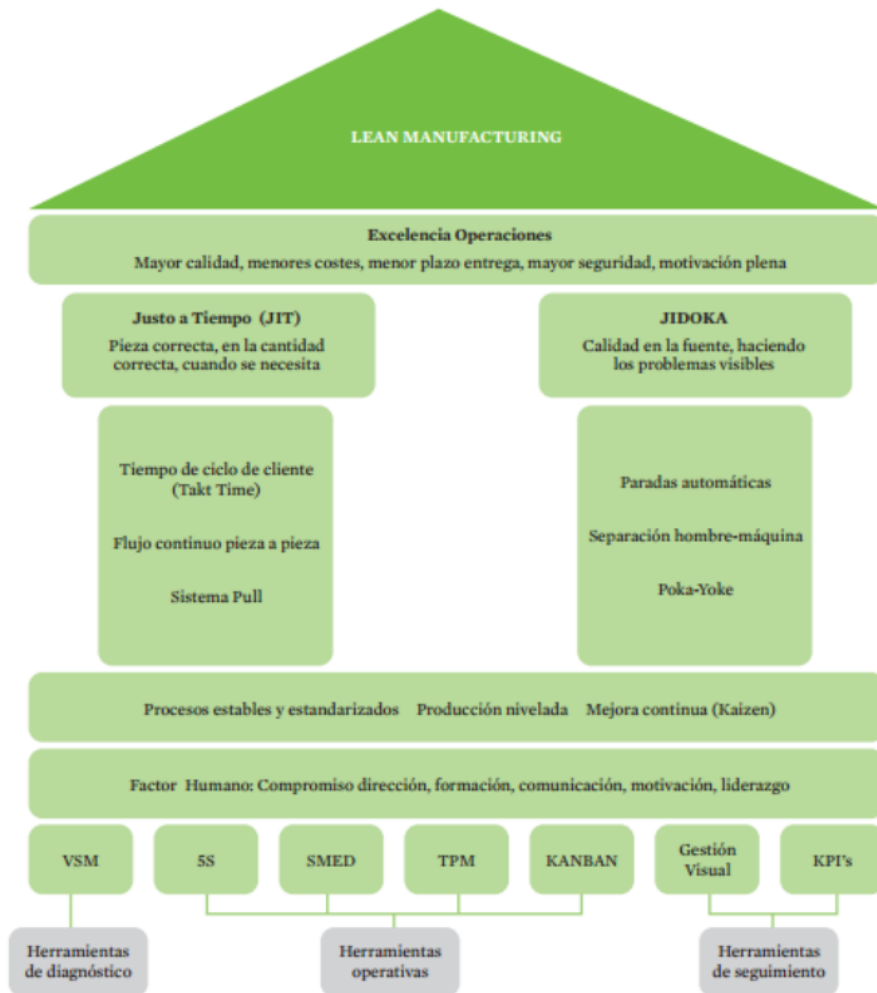
El objetivo primordial del lean manufacturing es minimizar el desperdicio o Muda (palabra japonesa, cuyo significado es desperdicio), el cual es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar”.

1.1.2.2. Estructura Lean

Debido a que Lean es un sistema con muchas dimensiones que inciden en la eliminación de los desperdicios, de forma tradicional se diseñó para visualizar rápidamente la filosofía Lean y las técnicas disponibles para su aplicación un esquema denominado “Casa del sistema de Producción Toyota”, así como se muestra en la ilustración 1.1. En donde el techo de la casa está constituido por las metas perseguidas identificadas por la empresa, las dos columnas que sustentan el sistema corresponden a: JIT y Jidoka.

En donde el JIT significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta, mientras que Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso.

La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos, a estos cimientos tradicionales se le han añadido el factor humano y por último el correcto uso de las herramientas que se ven en la figura en los cimientos permite la construcción de la casa y su estabilidad dentro de la empresa.



Fuente: www.researchgate.net

Figura 1.1 Casa de sistema producción Toyota

1.1.2.3. Principios de la metodología Lean

Para implementar Lean no solo es necesario poner en práctica unas cuantas técnicas, sino que comprende un cambio en el pensamiento de toda la empresa.

En los orígenes de Lean para explicar este sistema se establecieron ciertos principios. Conocer estos principios Lean es fundamental para optimizar los procesos de la organización, ya que

permiten identificar y eliminar desperdicios, mejorar la calidad, reducir costos y enfocarse en el valor para el cliente.

Estos principios no solo impulsan la eficiencia operativa, sino que también fomentan la mejora continua, adaptabilidad y colaboración en los equipos, lo que resulta en una mayor competitividad y sostenibilidad empresarial.

- **Identificación del valor:** Se pone al cliente en el centro del proceso de producción, lo que garantiza que todos los esfuerzos estén orientados a entregar productos o servicios que satisfagan sus necesidades.
- **Mapeo del flujo de valor (VSM):** Implica analizar todas las etapas del proceso de producción, desde la materia prima hasta la entrega final del producto o servicio al cliente.
- **Crear flujo continuo** El objetivo es identificar actividades que no agregan valor y eliminarlas o mejorarlas. Eliminando los desperdicios en los procesos, lo que incluye sobreproducción, tiempos de espera, inventarios innecesarios, defectos, entre otros.
- **Mejora continua (Kaizen):** Asegura que la organización nunca deja de buscar formas de perfeccionar sus procesos. Esto no solo genera innovación constante, sino que también motiva a los empleados a ser parte activa de las mejoras.
- **Sistema Pull (mayor flexibilidad):** El principio de producción bajo demanda asegura que la empresa produce solo lo que el cliente necesita, cuando lo necesita, en lugar de generar productos en masa que puedan no venderse. Esto permite una mayor adaptabilidad a las fluctuaciones del mercado y a las demandas del cliente.

Adicionalmente se identifica como mejora el Fomento del trabajo en equipo y liderazgo ya que la participación de los empleados en las mejoras, la toma de decisiones y la resolución de problemas crea un ambiente de trabajo más productivo y motivador.

1.1.2.4. Tipo de desperdicios o Muda

En la metodología Lean, los desperdicios (también conocidos como “muda” en japonés) son actividades que no aportan valor al producto o servicio final. Los principales tipos de desperdicios son conocidos como los 7 desperdicios de Lean, y en los cuales se ha detectado un octavo.

Poder identificar estos desperdicios permite optimizar recursos, mejorar la eficiencia de esta manera generar productos de mayor calidad con menor esfuerzo.

1. **Sobreproducción:** Fabricar más de lo que se necesita o es necesario, genera costos adicionales de almacenamiento, inventario y gestión.

2. **Inventario excesivo:** Acumular más materiales o productos de los necesarios, solo genera inmovilización de capital, aumentando costos de almacenamiento y potenciando la obsolescencia
3. **Defectos:** Productos que no cumplen con los estándares de calidad y que requieren ser reparados o descartados.
4. **Tiempos de espera:** Períodos en los que los trabajadores, materiales o equipos están inactivos debido a una mala coordinación o a fallos en los procesos. Los tiempos de espera retrasan la producción y disminuyen la eficiencia general.
5. **Transporte innecesario:** Movimiento excesivo de materiales o productos dentro de las instalaciones.
6. **Movimientos innecesarios:** Relacionado con los movimientos físicos innecesarios de los trabajadores, como desplazamientos o esfuerzos adicionales. Estos movimientos no agregan valor y pueden reducir la productividad o causar fatiga.
7. **Sobre procesamiento:** Realizar más trabajo del necesario o añadir características que no son importantes para el cliente.
8. **Desaprovechamiento del talento humano:** No utilizar adecuadamente las habilidades, conocimientos o creatividad de los empleados. Esto impide la innovación y las mejoras dentro de la organización

1.1.3. Objetivos del proyecto

1.1.2.1. Objetivo General

Optimizar los procesos productivos a través de la metodología Lean, para mejorar la eficiencia operativa y reducir desperdicios en la organización.

1.1.2.2. Objetivo Específicos

- Analizar el estado actual de los procesos productivos de Promet, planta Chacabuco.
- Identificar los principales desperdicios y cuellos de botella, para reducir costos
- Diseñar un plan de mejora continua para Promet, planta Chacabuco.
- Determinar los costos asociados a la implementación de metodología Lean.
- Determinar el impacto de la implementación Lean en los indicadores claves de rendimiento.

1.1.4. Antecedentes cualitativos

Según un estudio realizado por *McKinsey & Company* (Company, 2014), se logró identificar que, más del 90% de las empresas que implementaron Lean experimentaron mejoras en áreas clave como la productividad, la reducción de tiempos de producción y la eficiencia en el uso de recursos. Complementando con esto (Deloitte, 2016) *Lean Manufacturing Survey*

(2016), en su encuesta se identificó que el 77% de las empresas que implementaron Lean reportaron mejoras en su productividad. Además, el 67% observó una reducción en los tiempos de ciclo y el 82% redujo los niveles de inventario.

En base a estos antecedentes, el presente estudio de prefactibilidad buscará conocer y reconocer como Lean puede mejorar y optimizar los procesos productivos, basado en la cultura de la mejora continua, compromiso y participación del personal, reducción de desperdicios, flexibilidad operativa, flujo de trabajo eficientes entre otros.

Todos estos factores motivan al cambio de cultura organización y procesos productivos internos de Promet, para alcanzar la reducción de costos, mejoras de eficiencia y calidad, aumento de la satisfacción de los clientes y ganar ventaja competitiva en el mercado. Además, Lean promueve la innovación, el compromiso de los empleados, la sostenibilidad, y la capacidad de responder rápidamente a los cambios en el entorno empresarial.

1.1.5. Contexto de desarrollo del proyecto

El presente estudio de prefactibilidad para la optimización de procesos productivos en Promet, se realizará principalmente en su Planta de Producción Chacabuco.

Planta de producción Chacabuco, se encuentra emplazada en la comuna de Colina, camino cuesta Chacabuco Lote 9 y 10.

Actualmente la planta producción cuenta con una capacidad productiva anual de más de 150.000 metros cuadrados y con un total de más de 3.000.000 metros cuadrados construidos en infraestructura modular.

1.1.6. Tamaño del proyecto

Este estudio considera una implementación mediana (a especificar en el punto 2.1. *Definición del proyecto*), ya que solo propone dicho cambio de metodología en la Planta de Producción Chacabuco.

Por ello se consideran cambios de metodología de trabajos y procesos productivos, considerando entrenamiento sobre principios y herramientas lean, consultorías externas para guiar y seguimiento del proceso de implementación, software y materiales, modificaciones físicas menores en la planta, auditorías y seguimiento, recursos internos; como lo son el personal dedicado a la implementación y esto va de la mano con un porcentaje de pérdida de productiva. Se considera una inversión inicial aproximada de 104.000 USD (2760 UF). Como se considera una implementación en etapa primaria, se considera la inversión para mediana empresa según el SII.

1.1.7. Impactos relacionados con el proyecto

La implementación de la metodología Lean en los procesos productivos no solo mejora la eficiencia y reduce costos, sino que también fomenta una cultura de mejora continua y participación, impactando positivamente en la calidad del producto, la satisfacción del cliente y el bienestar de los empleados. Estos beneficios contribuyen a una mayor competitividad en el mercado y a la sostenibilidad a largo plazo de la organización.

1.1.6.1. Reducción de Desperdicios

Busca la eliminación de actividades no valoradas, identifica y elimina desperdicios (muda) en todos los aspectos de los procesos, lo que lleva a una reducción significativa de costos. Al eliminar pasos innecesarios se optimiza el flujo de trabajo y se mejora la utilización de recursos

1.1.6.2. Aumento de la Productividad

La optimización de los procesos es ajustados y refinados, lo que resulta en una producción más rápida y eficiente. Esto conlleva la reducción de tiempos de espera y se mejora el manejo del tiempo en la producción.

1.1.6.3. Mejor Calidad del Producto

Enfoque en la Mejora Continua: La cultura Lean promueve la mejora continua (Kaizen), lo que ayuda a identificar y corregir problemas de calidad de manera más eficaz.

Prevención de Errores: A través de técnicas como el Control Estadístico de Procesos (SPC), se pueden detectar problemas antes de que afecten el producto final.

1.1.6.4. Satisfacción del Cliente

La implementación Lean permite una mayor adaptabilidad a los cambios en la demanda del cliente, mejorando la capacidad de respuesta de la organización. A su vez con una producción más eficiente y con menos desperdicio, se mejora la puntualidad de entrega de productos.

1.1.6.5. Compromiso y Satisfacción del Empleado

El principal valor de la metodología Lean es fomentar la participación de los empleados en la identificación de problemas y búsqueda de soluciones, esto aumenta el compromiso y moral del equipo de trabajo. A través de las capacitaciones los empleados desarrollan nuevas habilidades que pueden ser aplicadas en diversas áreas

1.1.6.6. Mejora en la Visibilidad y Control del Proceso

Al proporcionar métricas y visualizaciones claras, permite un mejor seguimiento del rendimiento del proceso, además de analizar datos con herramientas como el (VSM) ayudan de

manera rápida, clara y eficaz a identificar el área de mejora de esta forma optimizando el flujo de trabajo.

1.1.6.7. Ahorro de Costos

Minimizando desperdicios y mejorando la eficiencia, se logra una disminución en los costos de producción y operativos, la metodología Lean tiende a reducir la cantidad de inventario, manteniendo solo lo necesario; esto aporta a la disminución de costos de almacenamiento y gestión.

1.1.6.8. Sostenibilidad

La eliminación de desperdicios no solo reduce costos, sino que también contribuye a un uso más sostenible de los recursos, impactando positivamente en el medio ambiente. Procesos más eficientes suelen generar menos emisiones y residuos, logrando ser una empresa con menor huella de Carbono.

1.2. METODOLOGÍA

1.2.1. Definición de situación sin proyecto

Actualmente, Promet Planta de Producción, con más de 30 años de trayectoria, ha alcanzado una capacidad máxima de producción anual de 1.001 unidades modulares, lo que equivale a 27.354 m². Esto se traduce en la fabricación y liberación de aproximadamente 83 módulos mensuales, o bien, 3 módulos diarios. Este rendimiento se logra considerando jornadas extraordinarias que incluyen 2 horas adicionales de trabajo diarias y labores los sábados (de 9:00 a 17:00 horas). Dichas jornadas implican costos adicionales asociados a horas extra, transporte y alimentación para el personal, lo que impacta en los costos operativos de la planta

1.2.2. Definición de situación con proyecto

La implementación de la metodología Lean en el proceso productivo permite reducir desperdicios al eliminar actividades que no generan valor, mejorando así la eficiencia y optimizando el uso de los recursos. Además, incrementa la flexibilidad del proceso, haciéndolo más adaptable a las fluctuaciones en la demanda, mientras que mejora la calidad del producto final y disminuye los defectos.

Estas mejoras se traducen en una reducción significativa de los costos operativos y un incremento en la satisfacción del cliente, gracias a la entrega de productos de mayor calidad y tiempos de respuesta más ágiles. Asimismo, Lean promueve un entorno de trabajo más organizado y seguro, lo que contribuye a un ambiente laboral optimizado, con mayores niveles de productividad y competitividad a largo plazo.

En una primera fase de adaptación y análisis, se buscará incrementar la capacidad productiva a un 25% en el primer año-

1.2.3. Análisis de separabilidad

El análisis de separabilidad en la evaluación de un proyecto de implementación de la metodología Lean permite identificar qué partes del proceso productivo pueden ser tratadas o mejoradas de manera independiente, sin afectar al resto del sistema. Esta herramienta es fundamental para la toma de decisiones en inversiones, ya que ayuda a detectar subprocesos o actividades que pueden optimizarse, modificarse o eliminarse sin causar interrupciones en el flujo general de trabajo.

Identificar mejoras focalizadas permite segmentar el proceso en áreas que se pueden optimizar de forma aislada, facilitando una implementación gradual sin necesidad de realizar cambios masivos que comprometan la operación global.

En este contexto, el proyecto en su primera fase se plantea como una implementación parcial en las líneas de producción de la planta Chacabuco, por lo que no requiere una evaluación exhaustiva bajo el concepto de separabilidad. Sin embargo, para su éxito, es importante considerar factores tanto internos como externos que pueden marcar un punto de cambio en la implementación. Por ello, la implementación de subproyectos o réplicas en otras plantas de producción deberá ser revaluada y analizada bajo esos contextos y condiciones específicas.

1.2.4. Medición de beneficio – costo

Los beneficios de la implementación de metodología lean para la mejora del proceso producción de Promet abarca una serie de indicadores tanto financieros como operativos. Los cuales permiten evaluar el impacto positivo de aumento y mejora en la optimización de los procesos y la reducción de los desperdicios.

- Mejoras y aumento en la productividad y capacidad productiva
- Reducción de costos operativos
- Reducción del tiempo en el ciclo de producción
- Reducción de desperdicios
- Reducción de inventarios

Por otro lado, los costos derivados de la implementación del proyecto se dividen en dos categorías:

- **Costos de inversión:** Incluyen la adquisición de tecnología o equipos, como sistemas de software, el rediseño del espacio físico o la adaptación de la infraestructura, así como la creación de programas de mejora continua, como el sistema Kaizen.
- **Costos operacionales:** Comprenden los gastos asociados a la capacitación y formación del personal, la contratación de consultores externos, la gestión del cambio organizacional, auditorías y evaluaciones periódicas.

1.2.5. Indicadores

Un indicador es una herramienta que puede ser cuantitativa o cualitativa, utilizada para medir el progreso, eficiencia, eficacia e impacto de un proyecto o actividad. Estos indicadores permiten realizar comparaciones entre el desempeño actual y el esperado tras la implementación del proyecto, con el fin de identificar posibles desviaciones o problemas. Esto facilita la toma de decisiones correctivas, preventivas y, en algunos casos, estratégicas.

En el ámbito económico, los indicadores son datos estadísticos cuantitativos que se emplean para analizar la situación económica basándose en información específica, ya sea de periodos anteriores o actuales. Para los inversionistas, estos indicadores son esenciales, ya que proporcionan un análisis que les ayuda a interpretar el comportamiento del mercado y tomar decisiones informadas sobre sus inversiones.

Definir claramente los indicadores a utilizar es fundamental para determinar la viabilidad de los objetivos, apoyar la toma de decisiones y mejorar el rendimiento del proyecto. Los indicadores seleccionados para la evaluación y monitoreo en este proyecto son los siguientes:

1.2.5.1. Valor actual neto o valor actualizado neto (VAN)

Consiste en un criterio financiero que permite calcular el valor presente de todos los ingresos y egresos asociados a una inversión, actualizando los flujos futuros de caja. Esta técnica permite traer al presente los flujos de efectivo futuros, tanto positivos como negativos, para determinar el valor monetario actual de la inversión, facilitando así su comparación y evaluación de rentabilidad.

El VAN permite tomar dos tipos de decisiones clave: en primer lugar, evaluar si una inversión es viable o no; y, en segundo lugar, determinar cuál inversión es más favorable en comparación con otras alternativas, basándose en los siguientes criterios.

- **VAN > (0):** Genera Beneficios, Rentabilidad del proyecto.
- **VAN = 0:** Es indiferente
- **VAN < (0):** El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que se recomienda rechazar.

1.2.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Indicador financiero que mide la rentabilidad o tasa de interés que ofrece una inversión. Representa el porcentaje de ganancia o pérdida asociado al proyecto. Específicamente, refleja la rentabilidad que aún no ha sido retirada del proyecto, es decir, cuánto rendimiento potencial le queda a la inversión. Una de las principales ventajas de la TIR es que permite comparar diferentes inversiones: cuanto mayor sea este valor, mejor será la inversión.

Además, la TIR indica el tipo de interés mínimo que debe lograrse para que los ingresos del proyecto sean suficientes para cubrir todos los costos. Este valor es crucial, ya que establece la frontera entre una inversión rentable y una no rentable.

La TIR está estrechamente vinculada con el Valor Actual Neto (VAN), ya que se define como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

- **TIR > INVERSIÓN:** El rendimiento esperado del proyecto (TIR) es mayor que el costo de la inversión inicial. Es recomendable aceptar el proyecto.
- **TIR = INVERSIÓN:** El rendimiento esperado del proyecto es igual al costo de la inversión inicial. Punto de indiferencia.

1.2.5.3. Periodo de recuperación (PRI)

Indicador que permite estimar el tiempo necesario para recuperar el total de la inversión a valor presente. Este indicador proporciona una estimación precisa del número de años, meses y días requeridos para cubrir la inversión inicial. Sin embargo, es importante destacar que el PRI no toma en cuenta todos los flujos de efectivo generados por el proyecto, ya que ignora los ingresos que se producen después del plazo de recuperación. En otras palabras, este indicador determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión, pero sus resultados deben ser comparados con las expectativas de rentabilidad del inversionista.

El PRI es una métrica clave para evaluar el riesgo de un proyecto, ya que permite anticipar si una inversión será rentable o no. Generalmente, cuanto más extenso sea el periodo de recuperación, menor será el beneficio potencial asociado a la inversión.

1.2.5.4. Índice del valor actual neto (IVAN)

El Índice de Valor Actual Neto (IVAN) es una métrica utilizada para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, y se calcula dividiendo el Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto entre la inversión inicial. Este índice permite comparar la rentabilidad de diferentes proyectos, considerando tanto los flujos de caja como el costo de la inversión.

- **IVAN > 1:** El proyecto es rentable. El valor presente de los flujos de caja futuros es mayor que la inversión inicial. En este caso, el proyecto generará más valor de lo que cuesta, lo que justifica la inversión.
- **IVAN = 1:** El proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias adicionales. El valor presente de los flujos de caja es igual a la inversión inicial. Este es el punto de indiferencia.
- **IVAN < 1:** El proyecto no es rentable. El valor presente de los flujos de caja futuros es menor que la inversión inicial, lo que indica que el proyecto no cubriría el costo de la inversión.

1.2.6. Criterios de evaluación

En un estudio de prefactibilidad para implementar un proyecto Lean, los criterios de evaluación del tal son herramientas fundamentales que permiten analizar la viabilidad y el potencial éxito del proyecto desde diversas perspectivas, como la económica, técnica, operativa y ambiental. Estos criterios facilitan la cuantificación y calificación de los beneficios esperados, además permiten priorizar la inversión. Asegurando que la implementación este alineada con los objetivos de la organización, garantizando que el proyecto contribuya en la misión y visión a largo plazo de PROMET.

Desde el punto de vista económico los indicadores que se mencionan a continuación serán claves para la toma de decisiones en este estudio de prefactibilidad.

1.2.6.1. Evaluación de flujo de caja (VAN)

En el estudio de prefactibilidad, se evaluará el Valor Actual Neto (VAN) de tres maneras: en primer lugar, sin financiamiento externo; en segundo lugar, con un financiamiento externo del 50%; y, en tercer lugar, con un financiamiento externo del 75%. En todos estos escenarios, se establecerán las siguientes condiciones:

- $VAN \geq 0$: Si el VAN es mayor o igual a cero, el proyecto será aceptado.
- $VAN < 0$: Si el VAN es menor que cero, el proyecto será rechazado.

1.2.6.2. Evaluación de tasa interna de retorno (TIR)

Se llevará a cabo la evaluación de la Tasa Interna de Retorno (TIR) para determinar si el proyecto se ajusta a una única tasa de rendimiento anual, con el objetivo de que los beneficios sean equivalentes a los desembolsos realizados. Para que el proyecto sea considerado viable, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- $TIR \geq \text{Tasa de descuento}$: Si la TIR es mayor o igual a la tasa de descuento, el proyecto será aceptado.

- $TIR < \text{Tasa de descuento}$: Si la TIR es menor que la tasa de descuento, el proyecto será rechazado.

1.2.6.3. Evaluación periodo de recuperación de la inversión (TIR)

Se establece que el periodo de recuperación de la inversión debe ser menor o igual al periodo de evaluación. Si se cumple esta condición, el proyecto será aceptado; de lo contrario, se deberá rechazar. Es importante tener en cuenta que el horizonte del proyecto es de 4 años.

1.2.6.4. Evaluación índice del valor actual neto (IVAN)

Como se mencionó en el punto 1.2.6.1, el Valor Actual Neto (VAN) será evaluado considerando tres opciones de financiamiento, cada una de las cuales estará sujeta a condiciones específicas. En cuanto al Índice de Valor Actual Neto (IVAN), se realizará una evaluación bajo estas tres alternativas de financiamiento. Independientemente del resultado obtenido, las condiciones para la interpretación del IVAN serán las siguientes:

- $IVAN > 1$: El proyecto se considera rentable.
- $IVAN < 1$: El proyecto no se considera rentable.

1.2.7. Estructura de evaluación del proyecto

La estructura de evaluación es fundamental, ya que establece los criterios, metodologías y herramientas que se utilizarán para analizar el desempeño, el progreso y los resultados de un proyecto, proporcionando así una visión clara y objetiva. Los análisis o estudios de prefactibilidad son cruciales, ya que permiten realizar una evaluación preliminar antes de comprometer recursos significativos en un proyecto. Estos estudios ayudan a determinar la viabilidad inicial y a decidir si es pertinente continuar con un estudio de factibilidad más detallado, lo que incluye la evaluación de riesgos, limitaciones económicas y los pasos necesarios para la ejecución.

Bajo este contexto, el resultado de estas variables será analizado, siendo clave para determinar la viabilidad de la implementación de la metodología Lean.

1.2.7.1. Prefactibilidad de mercado

Consta de un análisis crucial en la etapa inicial del proyecto, permite y busca determinar la viabilidad de implementar la optimización desde la perspectiva del mercado. Permitiendo entender la demanda de mercado, estudio de competencia y condiciones en el que se planea operar.

Dentro de los factores y resultados que se pretenden obtener del estudio, encontramos los siguientes puntos básicos y fundamentales a evaluar.

- **Demanda del Mercado:** Evaluar la demanda actual y futura de la construcción modular, permitiendo identificar las tendencias del mercado, el crecimiento de la industria y las preferencias de los consumidores.
- **Análisis de Competencia:** Examinar la competencia en el sector es esencial para identificar los principales actores, sus fortalezas y debilidades, y cómo se posicionan en términos de eficiencia y calidad. Permitiendo ayudar a entender como la implementación Lean puede ofrecer una ventaja competitiva.
- **Segmentación de Clientes:** Identificar y segmentar a los clientes potenciales permitirá definir quiénes son los principales compradores de productos modulares. Ayudando a entender su comportamiento de compra y expectativas de diseño.
- **Tendencias del Sector:** Analizar las tendencias en sostenibilidad, innovación tecnológica y normativas del sector de la construcción también es relevante. La metodología Lean busca alinearse con prácticas sostenibles.
- **Impacto en la Eficiencia:** Evaluar cómo la implementación de Lean puede mejorar la eficiencia en el proceso de producción y reducir costos, analizando flujos de trabajos, identificación de desperdicios y oportunidades de mejora en la optimización de procesos.
- **Riesgos y Limitaciones:** Identificar posibles riesgos, tales como cambios en la demanda, fluctuaciones en los precios de materiales, o barreras regulatorias, es crucial para una evaluación integral.

Todas estas variables, proporcionarán información necesaria para la toma de decisiones y forma de abordar el proyecto, permitiendo tomar no solo decisiones estratégicas, sino que además la opción de maximizar las oportunidades de mejora del éxito de la implementación.

1.2.7.2. Prefactibilidad técnica

El análisis de prefactibilidad técnica es una herramienta crucial en la gestión de proyectos para poder determinar la viabilidad técnica de una iniciativa, identificando los requisitos necesarios, como maquinaria, infraestructura y habilidades del personal. Este análisis minimiza riesgos al anticipar desafíos técnicos, optimiza el uso de recursos y facilita el diseño de procesos eficientes, estableciendo indicadores de éxito y proporcionando información objetiva que apoya y sustenta la toma de decisiones informadas. Además, permite analizar la integración con sistemas existentes, planificar la implementación de manera detallada y justificar la inversión ante los stakeholders (público de interés). Para la optimización de procesos con metodología lean se busca determinar:

- **Identificación de Brechas:** Identifica las brechas entre la situación actual y la capacidad necesaria para aplicar la metodología Lean. Evaluando si las instalaciones, maquinaria y tecnología cumplen con los requisitos para optimizar los procesos.
- **Optimización de Recursos:** Ayuda a determinar si la empresa cuenta con los recursos técnicos adecuados, lo que incluye no solo maquinaria y tecnología, sino también la capacidad del personal para manejar nuevas herramientas y procesos.
- **Planificación Efectiva:** Permite crear un plan de implementación más detallado y realista, propuesta de mejoras de procesos, identificación de cuellos de botella o puntos de desperdicios entre otros.
- **Adaptación Cultural:** Permite identificar las áreas donde la cultura actual necesita ajustarse para facilitar la adopción de nuevas prácticas y métodos.
- **Medición de Impacto:** Permite establecer métricas de éxito y parámetros de rendimiento que se pueden utilizar para medir el impacto de la implementación de Lean en el proceso productivo. Esto es esencial para el seguimiento y la evaluación continua.
- **Viabilidad de Innovaciones:** Permite evaluar la viabilidad de introducir innovaciones tecnológicas como software de gestión de procesos, herramientas de automatización o sistemas de seguimiento de eficiencia.

La factibilidad técnica es esencial para aumentar las probabilidades de éxito y maximizar el retorno de inversión del proyecto, además va de la mano con el estudio de mercado, permitiendo obtener generalidades relevantes del proyecto, que influyen exponencialmente en la base del cálculo financiero en la evaluación económica.

1.2.7.3. Prefactibilidad legal y administrativa

La prefactibilidad legal y administrativa es esencial en la implementación de la metodología Lean, ya que garantiza que todas las operaciones se realicen en conformidad con las normativas y regulaciones vigentes, minimizando riesgos legales que podrían comprometer el proyecto.

Este análisis permite identificar los permisos y licencias necesarios, asegurar el cumplimiento de las leyes laborales y ambientales, y revisar la estructura organizativa y los contratos involucrados.

Además, aborda posibles impactos en la comunidad y facilita la comunicación con todas las partes interesadas, lo que es crucial para una transición fluida hacia prácticas más eficientes.

- **Cumplimiento Normativo:** Se debe revisar la legislación local, nacional e internacional relacionada con la construcción y la manufactura. Esto incluye normativas de seguridad laboral, medio ambiente, calidad de construcción y regulaciones específicas para la industria modular.

- Aspectos Laborales: Analizar las regulaciones laborales que afectan la capacitación del personal y la gestión del cambio organizacional
- Impacto en la Comunidad: Considerar cómo la implementación de la metodología Lean puede afectar a la comunidad local y a las partes interesadas. Esto incluye evaluar posibles impactos ambientales, económicos y sociales, y asegurarse de que se sigan los procedimientos adecuados para abordar las preocupaciones de la comunidad.
- Estructura Organizativa: Revisar la estructura administrativa de la empresa para asegurar que esté alineada con los principios Lean.
- Gestión de Riesgos Legales: Identificar y analizar posibles riesgos legales asociados con la implementación de Lean.
- Documentación y Registro: Evaluar la necesidad de establecer sistemas de documentación y registro adecuados para cumplir con los requisitos legales y administrativos.
- Involucramiento de Stakeholders: Asegurarse de que se mantenga una comunicación efectiva con todas las partes interesadas, incluidos empleados, clientes, proveedores y autoridades locales.
- Evaluación de Políticas Internas: Revisar las políticas internas de la empresa para asegurarse de que estén alineadas con los principios Lean y que promuevan un entorno de mejora continua, responsabilidad y eficiencia operativa.

1.2.7.4. Evaluación económica

El estudio de evaluación económica en un proyecto es crucial para medir el impacto financiero de las mejoras propuestas. Su propósito es analizar los costos asociados a la implementación, compararlos con los beneficios económicos esperados, como la reducción de costos, el aumento de la eficiencia y la optimización de recursos, justifican la inversión inicial y asegurar que la inversión genere un retorno positivo, además permite y ayuda a identificar posibles riesgos financieros; estableciendo un marco claro de costos y beneficios.

Asimismo, permite evaluar la eficiencia del uso de recursos y la sostenibilidad de los cambios a largo plazo, contribuyendo a tomar decisiones informadas sobre la viabilidad del proyecto y su rentabilidad potencial.

Por ello es clave, poder realizar todas las evaluaciones previamente mencionadas, porque de no generarse alertas en las previas, en este punto es donde se analiza si el proyecto puede ser viable y los riesgos o tiempos que esto conlleva. Como se menciona en el punto 1.2.6. Criterios de Evaluación, los indicadores ayudarán a la toma de decisión de inversión serán el VAN, TIR y PRI.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO

2. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO

2.1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

La planta de producción de Promet, ubicada en Chacabuco, abarca una superficie total de 84000 metros cuadrados y alberga tres líneas de producción diferenciadas: línea 1, línea 2 y línea 3. La distinción principal entre estas líneas radica en su tamaño, siendo la línea 1 la mayor con una extensión subdividiéndose en línea 1ª y línea 1B. En contraste, las líneas 2 y 3 tienen una configuración media.

La línea 1 se destaca por su disposición continua a lo largo de un galpón que optimiza el flujo de trabajo, lo que la convierte en la más eficiente en términos de distribución. En este sentido, el proceso de optimización de la producción se centrará en la fabricación en serie dentro de la línea 1, abarcando tanto la sección 1ª como la 1B.

2.1.1. Alcance y metodología por utilizar.

La optimización planteada para los procesos de producción se enfocará en las líneas de producción 1ª y 1B, con el objetivo de mejorar la productividad y reducir los tiempos de fabricación. Esta optimización incluye el análisis detallado de cada puesto de trabajo dentro del sistema actual.

Actualmente, las líneas operan bajo una metodología de puestos de trabajo, cada uno de los cuales se divide en actividades específicas. Estos puestos incluyen:

- Estructura metálica
- Obra gruesa
- Terminación exterior
- Terminación interior
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones sanitarias
- Aseo y sello
- Liberación

Cada puesto de trabajo cuenta con operarios que, además de realizar las tareas correspondientes, deben gestionar el traslado de herramientas, materiales y productos entre estaciones, lo que genera tiempos improductivos.

2.1.1.1. Implementación de la metodología Lean

Para abordar estas ineficiencias, se aplicará la metodología Lean, enfocada en cinco puntos clave:

- **Identificación de valor:** El valor principal de la planta radica en la eficiencia de sus procesos en línea, los cuales deben optimizarse para mantener su competitividad.
- **Mapeo del flujo de valor (VSM):** Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los puestos actuales, identificando tres tipos de tiempos: Tiempo que agrega valor, Tiempo contributivo, Tiempo que no agrega valor. Este mapeo inicial permitirá una visión detallada del desempeño de cada puesto de trabajo.
- **Eliminación de tiempos improductivos:** Una vez identificado el flujo de valor, se abordarán los tiempos contributivos y los que no generan valor con el objetivo de reducirlos o eliminarlos. Para ello, se implementará el sistema KANBAN, que asegura la disponibilidad de los materiales justos en el momento adecuado, evitando que los operarios tengan que buscarlos y eliminando el sobreabastecimiento innecesario.
- **VSM futuro y estaciones de trabajo:** Se diseñará un nuevo flujo de trabajo, en el cual los puestos de trabajo serán renombrados como estaciones de trabajo. En este esquema, se utilizarán cartas de balance, que permiten equilibrar tiempos y movimientos, optimizando así el rendimiento de cada estación.
- **Implementación de 5S:** Como parte de la gestión del cambio, se introducirá la metodología 5S (clasificar, organizar, limpiar, estandarizar y mejorar) en cada estación de trabajo para fomentar un entorno ordenado y eficiente.

2.1.1.2. Control y seguimiento con Parse Suite

Como herramienta de control, se implementará el software Parse Suite, específicamente su módulo de planificación de producción. Este sistema permitirá registrar datos operativos en tiempo real de cada estación, incluyendo tiempos de inicio y fin de las tareas, detenciones programadas y problemas relacionados con materiales, calidad o fallos operativos. Además, se podrá monitorear en línea el estado de la planta.

El sistema contará con diferentes perfiles de usuario: administrador, supervisor y digitador. Los maestros mayores de cada estación actuarán como digitadores, registrando los tiempos de las tareas.

Gracias a este enfoque integral, se generarán informes y gráficos que permitirán identificar oportunidades de mejora, así como obtener indicadores clave como:

- OEE (Overall Equipment Effectiveness): Indicador de la efectividad del equipo productivo.
- Eficiencia.
- Porcentaje de utilización.

Estos indicadores proporcionarán una visión precisa del desempeño de la planta, facilitando la toma de decisiones informadas y orientadas a la mejora continua.

2.1.2. Principales competidores

Entre los competidores más relevantes en el mercado de soluciones constructivas modulares, destacan aquellas empresas con una amplia trayectoria en fabricación y una variada gama de productos, además de contar con una mayor cobertura a nivel nacional. Estas compañías se distinguen no solo por la amplitud de su oferta, sino también por su sólida presencia en el ámbito del marketing y relaciones públicas, con inversiones significativas en estrategias de marketing digital y una fuerte presencia en redes sociales, lo que les permite aumentar su visibilidad y atractivo dentro del mercado.

En la tabla 2.1 “Empresas con mayor competitividad en la industria modular”, se presentan las empresas con mayor competitividad en la industria modular en Chile, así como las regiones del país donde desarrollan sus operaciones.

Tabla 2.1 Empresas con mayor competitividad en la industria modular

EMPRESA	DESCRIPCIÓN	COBERTURA
TECNO FAST	Entrega de soluciones de espacios sostenibles para mejorar la vida de las personas a través de la innovación y el diseño	Antofagasta, Atacama, Biobío, Los lagos, Metropolitana, Tarapacá.
ATCO SABINCO	Disponibilidad espacios, haciendo más de lo que se espera, para que las personas puedan mejorar su calidad de vida y desarrollar su máximo potencial	Antofagasta, Atacama, Biobío, Los lagos, Metropolitana, Tarapacá.
CONTAINERLAND	Fabricación de container modulares para todo tipo de proyectos	Arica y Parinacota, Antofagasta, Los Lagos, Metropolitana y Ñuble

Fuente: Elaboración Propia.

En base a lo anterior, y la información recopilada en sus páginas web, podemos decir lo siguiente:

- **TECNO FAST** Chile es el principal competidor en el mercado, con una amplia gama de productos ofrece tecnología modular para todo tipo de proyectos a nivel nacional (industrial, habitacional y minero).
- **ATCO SABINCO** empresa canadiense con filial en el país, es una empresa de mediano tamaño en el rubro que ofrece un catálogo limitado de productos que van desde módulos dormitorio hasta oficinas temporales en faenas mineras con precios más competitivos para el mercado.
- **CONTAINER-LAND** Chile, empresa con menor trayectoria en la industria modular y de menor tamaño, caracterizada por ofrecer una línea de productos limitada a sus clientes. Su oferta incluye módulos tipo bodegas para almacenamiento, adaptados a una amplia variedad de usos y necesidades, como el almacenamiento de maquinaria, equipos, herramientas y materiales en sectores como la construcción, minería, agricultura, e incluso en industrias logísticas y de distribución.

2.1.3. Grupo de interesados o Stakeholders.

Los stakeholders de Promet se definen como todas aquellas empresas y proveedores que, de alguna manera, están involucrados o interesados en las actividades de la organización. Estos actores pueden verse afectados de forma positiva o negativa por las decisiones estratégicas que se tomen.

La implementación de la mejora de procesos productivos impactará directamente a los proveedores estratégicos, ya que el aumento en la producción y eficiencia requerirá que estos actores respondan con eficacia a las necesidades de abastecimiento en la cadena de suministro. El cumplimiento eficiente de estas demandas tendrá un impacto positivo en los tiempos de producción; de lo contrario, podría derivar en efectos adversos, como la interrupción de las líneas de fabricación.

La identificación de los stakeholders clave se centra en aquellos que proveen materias primas esenciales para la construcción modular. Los principales son:

- **CINTAC S.A.I.C:** Socio estratégico de Promet y proveedor clave de materias primas fundamentales, como perfilería de acero negro, planchas de acero galvanizado, estructuras livianas de Metalcom y paneles prefabricados de isopol, entre otros.
- **CIA. INDUSTRIAL EL VOLCAN S.A:** Especializada en la fabricación y comercialización de planchas de yeso-cartón, rollos de lana de vidrio con propiedades de aislamiento térmico y acústico, y adhesivos industriales.

- **AUSIN HNOS S.A:** Dedicada a la comercialización y distribución de materiales de madera, como terciados lijados, planchas de OSB y pino cepillado.
- **ELECTRICIDAD GUZMAN:** Empresa especializada en la comercialización y distribución de insumos eléctricos, tales como iluminación, conductores, cables, canalizaciones y sistemas de protección. Entre las marcas que distribuyen se incluyen Legrand, Bticino y Schneider.

2.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA

2.2.1. Identificación de la necesidad

En enero de 2024, el ministro de Vivienda, Sr. Carlos Montes, junto a representantes de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), Techo para Chile y Déficit Cero, presentaron el informe "*Déficit Habitacional: Miradas ante un Desafío Común*" (Cámara Chilena de la Construcción, 2024), donde se reveló que el déficit habitacional en Chile alcanza las 552.046 viviendas. El documento subraya el deterioro en la asequibilidad de la vivienda en los últimos años, destacando un aumento del 69% en el número de familias allegadas por razones económicas entre 2017 y 2022, debido al alza sostenida en los precios de la vivienda, un incremento en la demanda y el empeoramiento de las condiciones económicas post pandemia.

Ese mismo año, el gobierno lanzó el "*Plan de Emergencia Habitacional*", impulsando la construcción de viviendas industrializadas como una solución eficiente, este proyecto busca cubrir 260.000 viviendas, bajando en un 47% el déficit habitacional.

Estas viviendas se caracterizan por la fabricación y diseño de componentes a través de procesos industrializados y estandarizados, lo que permite su ensamblaje en tiempos significativamente menores que los métodos tradicionales.

En este contexto, Promet ha definido como objetivo contribuir con el 5% de este déficit (13.000 viviendas). Para lograr esta ambiciosa meta, es fundamental optimizar los procesos productivos, reduciendo errores, tiempos de desperdicio y mejorando la eficiencia, lo que permitirá acercarse a la meta interna del 5% del déficit habitacional nacional

2.2.2. Capacidad productiva

Promet, con más de 30 años de experiencia en el mercado de la construcción modular, ha consolidado su liderazgo en el sector minero. A lo largo de estos años, ha implementado mejoras en su Sistema de Gestión Integrado (SGI), tales como capacitaciones, optimización en el uso de herramientas, desarrollo de personal especializado y mejoras constructivas. Sin

embargo, estos avances no se han mantenido de forma sostenida, debido a la fluctuación en la demanda del mercado.

Actualmente, se ha identificado la necesidad de estandarizar ciertos procesos clave para obtener incrementos graduales en la eficiencia. Esto permitirá a Promet fortalecer su competitividad y posicionarse como una empresa pionera en la construcción industrializada.

En este sentido, determinar y gestionar la capacidad productiva de manera adecuada se vuelve fundamental para operar eficientemente, satisfacer las demandas del mercado y planificar estratégicamente el crecimiento y la sostenibilidad a largo plazo. Ver tabla 2.2 “Capacidad productiva durante los últimos 10 años”.

Tabla 2.2 Capacidad productiva durante los últimos 10 años

AÑO	CANT. MÓDULOS	METROS CUADRADOS	VARIACIÓN RESPECTO AL AÑO ANTERIOR (%)
2014	107	3535	-
2015	250	8474	134
2016	205	5646	-18
2017	360	7385	76
2018	460	8735	28
2019	478	9012	4
2020	706	10173	48
2021	1001	27497	42
2022	960	11137	-4
2023	689	16544	-7
TOTAL	5417	108138	-

Fuente: Elaboración propia

Esta capacidad productiva Promet la ha lograda trabajando en horarios de lunes a jueves de 8:30 a 18:30hrs. y los viernes de 8:30 a 17.30hrs.

Tabla 2.3 Horarios de trabajo

Días	Horario
Lunes a jueves	08:30 a 18:30
Viernes	08:30 a 17:30

Fuente: Elaboración propia.

Se ha verificado que, en los últimos 10 años, la variación porcentual de la producción ha mostrado fluctuaciones significativas, con periodos de aumento y disminución que han sido altamente variables. Esta inestabilidad ha impedido alcanzar un crecimiento sostenido o exponencial en la fabricación, dificultando una proyección consistente del comportamiento productivo.

2.2.3. Proyección de la demanda

Para realizar la proyección de la demanda, se tomarán como base los datos del año 2014 al 2023, debido a que en 2024 Promet experimentó una detención prolongada de su planta, resultando en niveles de producción bajos y poco representativos. Dado esto, los datos de 2023 y años anteriores son considerados más adecuados para establecer una base sólida y confiable.

2.2.3.1. Proyección situación actual

El análisis de proyección de demanda se llevará a cabo utilizando el método de regresión lineal, que permite identificar patrones y relaciones causales entre variables. Esta metodología es ideal para prever tendencias futuras basadas en datos históricos, lo que optimiza la planificación estratégica y la toma de decisiones operativas.

Como se identifica en la tabla 2.4 se utilizarán los datos desde el 2014 hasta el 2023; respecto a cantidad de unidades modulares fabricadas y vendidas, de esta manera poder proyectar la demanda al menos por 3 años; 2025, 2026 y 2027.

Tabla 2.4 Proyección de demanda; método de regresión lineal

AÑO	PERIODO (x)	DEMANDA (y)	XY	x ²	y ²
2014	1	107	107	1	11449
2015	2	250	500	4	62500
2016	3	205	615	9	42025
2017	4	360	1440	16	129600
2018	5	460	2300	25	211600
2019	6	478	2868	36	228484
2020	7	706	4942	49	498436
2021	8	1001	8008	64	1002001
2022	9	960	8640	81	921600
2023	10	890	8900	100	792100
SUMA	55	5417	38320	385	3899795
PROMEDIO	6	542	3484	35	354527

Fuente: Elaboración propia.

Para cálculo de regresión lineal, se utilizó la siguiente formula

$$Y = a + bX$$

Donde

- **a: -27**
- **b: 103.35**

Quedando como proyección

Tabla 2.5 Proyección de demanda, próximos 3 años

AÑO	PERIODO	DEMANDA
2025	11	1110
2026	12	1213
2027	13	1317
2028	14	1420

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.6 Variación de demanda respecto al año anterior

AÑO	CANT. MÓDULOS	VARIACIÓN RESPECTO AL AÑO ANTERIOR (%)
2014	107	-
2015	250	134
2016	205	-18
2017	360	76
2018	460	28
2019	478	4
2020	706	48
2021	1001	42
2022	960	-4
2023	689	-7
2025	1110	25
2026	1213	9
2027	1317	9
2028	1420	8

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2.6 evidencia el aumento de capacidad productiva para los años 2025 hasta 2028, fluctuando desde el 25% al 8%

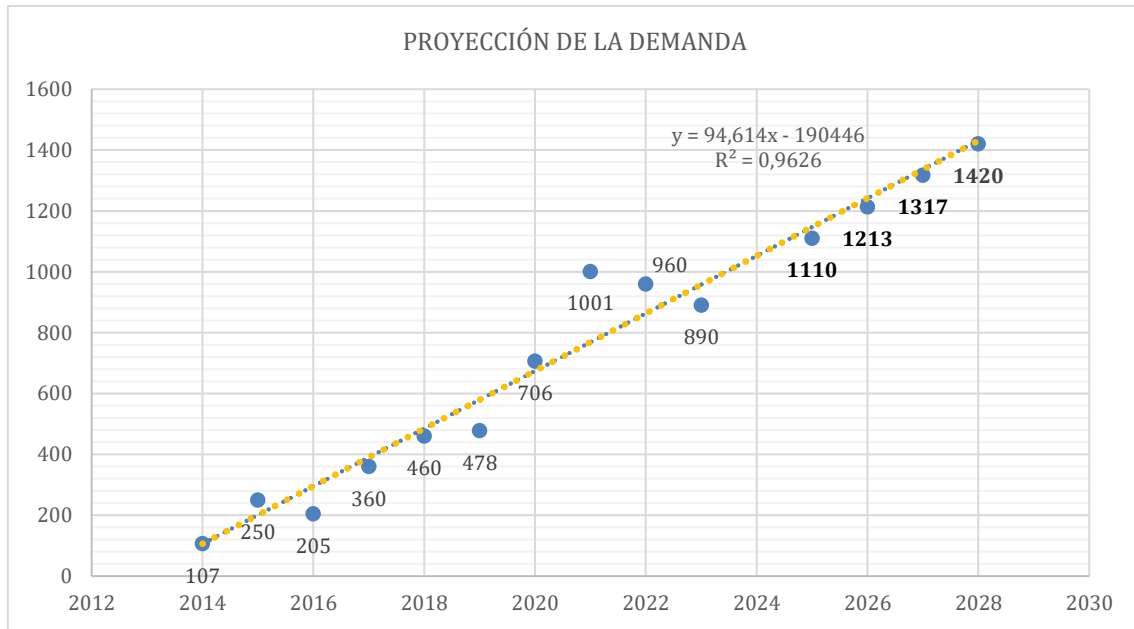


Gráfico 2.1 Proyección de la demanda bajo situación actual

En este proceso, el coeficiente de determinación R^2 desempeña un papel fundamental, ya que mide la precisión con la que el modelo de regresión ajusta los datos reales. R^2 indica el porcentaje de la variabilidad de la demanda, como variable dependiente, que puede ser explicada por las variables independientes utilizadas en el modelo. Un valor de R^2 cercano a 1, como el identificado en el gráfico de proyección con un R^2 de 0,96, sugiere que el modelo tiene un ajuste sólido y explica adecuadamente la variación en los datos observados.

2.2.3.2. Proyección demanda futura

Proyectar la demanda futura de fabricación de unidad modular es crucial en la planificación y toma de decisiones estratégicas. En base a esto, diversos autores y estudios, justifican esta práctica debido a su impacto en el éxito económico, la optimización de recursos y la sostenibilidad del proyecto

En su libro "**Lean Thinking**", James P. Womack y Daniel T. Jones (Womack, 1996) concluyen que la correcta aplicación de los principios Lean puede aumentar la productividad entre un **25% y 50%**, gracias a la eliminación de desperdicios y la mejora en los flujos de trabajo, destacando la importancia de centrarse en actividades que aporten valor. De manera similar, Jeffrey Liker, en "**The Toyota Way**", muestra cómo la implementación del Sistema de Producción de Toyota (TPS) logró mejoras de hasta **50%** en productividad al reducir tiempos muertos, inventarios y desperdicios, optimizando la calidad en los procesos de manufactura. Ambos coinciden que dicho factor se alcanzará dependiendo que tan maduro se encuentre el proyecto.

Existen dos importantes estudios que respaldan el impacto positivo de la metodología Lean en la productividad. El **Lean Enterprise Institute** (Lean Enterprise institute) ha publicado investigaciones que documentan aumentos de productividad en rangos de entre el 20% y 50%, dependiendo del nivel de madurez en la implementación de Lean. Según el instituto, las empresas en etapas iniciales suelen experimentar incrementos cercanos al 20%, mientras que aquellas que logran una implementación completa pueden alcanzar hasta un 50% o más.

Por otro lado, en un informe de **McKinsey & Company** sobre la implementación de Lean en las industrias automotriz y de bienes de consumo (2007) (McKinsey & Company), se reportó un incremento en la productividad de entre un 25% y 50%. McKinsey atribuyó este crecimiento a la eliminación de tiempos muertos, la optimización de la cadena de suministro y la reducción de inventarios, factores clave para la mejora en la eficiencia operativa.

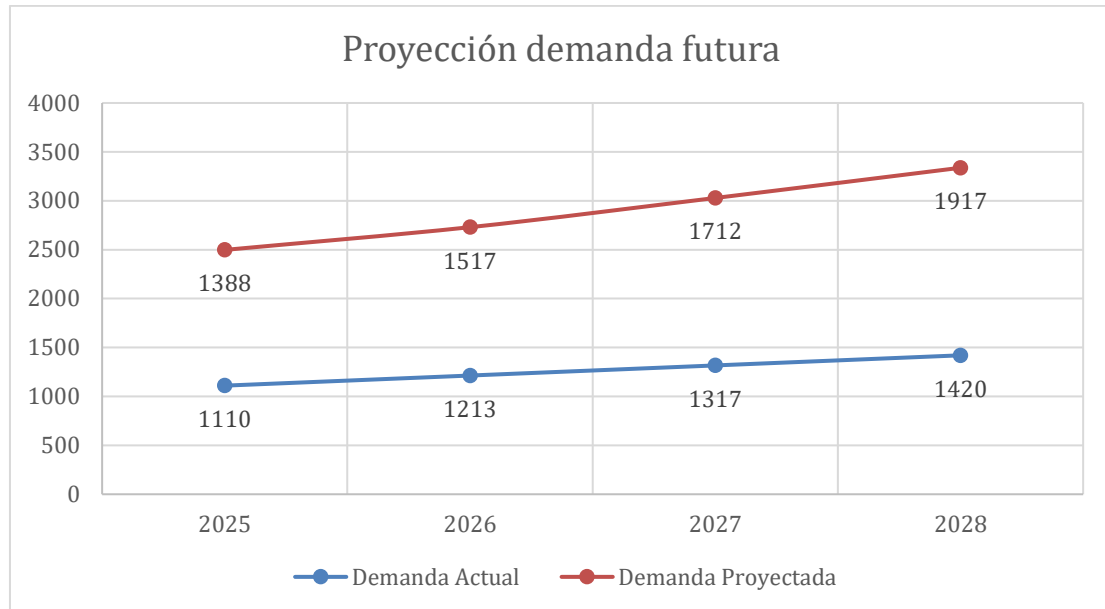
Por lo tanto, para el análisis y estudio, se seguirán las recomendaciones tanto de los autores como de los estudios, asumiendo que la productividad en el primer y segundo año será del 25% (siendo este el punto más crítico). A partir de ahí, se proyectará un incremento anual del 5% mas hasta el cuarto año, alcanzando un 35% en ese período. Se proyecta el aumento variable de 5% desde el año 3 para mantener la estabilidad de la proyección, entendiendo que se encuentra en proceso de madurez de proyecto.

Se comprende que el proyecto podría retrasar su madurez máxima, que se estima en un 50%, más allá del cuarto año.

Tabla 2.7 Proyección demanda futura

AÑO	DEMANDA SIN PROYECTO	DEMANDA CON PROYECTO	PORCENTAJE DE VARIACIÓN (%)	DIFERENCIA DE CANT DE MÓDULOS
2025	1110	1388	25%	278
2026	1213	1517	25%	304
2027	1317	1712	30%	395
2028	1420	1917	35%	497

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2.2 Proyección demanda futura

En conclusión, implementando la metodología Lean y considerando el factor mínimo de aumento de la producción, se proyecta un incremento de hasta 497 unidades modulares adicionales en comparación con la capacidad actual. Este número podría ser aún mayor si se alcanza la madurez operativa (50%) para el año 2026, lo que optimizaría aún más la productividad.

2.2.4. Variables que afectan la demanda

Las variables que pueden afectar la demanda de la construcción modular son diversas y abarcan factores económicos, sociales, tecnológicos, normativos y ambientales. Estas variables interactúan y determinan las fluctuaciones, afectando tanto a corto como a largo plazo los proyectos y el mercado.

2.2.4.1. Factores Económicos

La demanda de la construcción modular está fuertemente influenciada por factores económicos como el ciclo económico, las tasas de interés, el costo de materiales y mano de obra, y la inflación. Durante periodos de crecimiento económico y con tasas de interés bajas, la demanda tiende a aumentar debido a un mayor acceso a financiamiento y estabilidad en los costos. Sin embargo, en tiempos de recesión, altas tasas de interés y aumentos en los precios de los materiales y la mano de obra, la viabilidad de los proyectos modulares se ve afectada, lo que puede disminuir su demanda.

2.2.4.2. Factores Tecnológicos

Los avances en tecnologías de construcción, como nuevas técnicas de prefabricación y automatización, impulsan la demanda de construcción modular al hacerla más eficiente, reduciendo tanto los tiempos de ejecución como los costos. Además, la digitalización y el uso de software de planificación avanzada, como BIM (Building Information Modeling), facilitan la integración de los sistemas modulares en proyectos de gran envergadura, mejorando la coordinación y optimización de recursos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

2.2.4.3. Factores Sociales

El crecimiento de la población y la urbanización incrementan la demanda de viviendas, impulsando la adopción de la construcción modular debido a su rapidez de montaje y capacidad de satisfacer necesidades habitacionales urgentes. Asimismo, las tendencias hacia la sostenibilidad favorecen su crecimiento, ya que la construcción modular genera menos residuos y reduce la huella de carbono. Finalmente, las preferencias de los consumidores por soluciones rápidas, personalizables y eficientes también promueven el aumento en la demanda de este tipo de construcción, alineándose con las expectativas actuales del mercado.

2.2.4.4. Factores Regulatorios

Las normativas de construcción, tanto locales como nacionales, pueden influir en la adopción de la construcción modular. Regulaciones más estrictas sobre eficiencia energética, seguridad sísmica o sostenibilidad pueden favorecer su uso, mientras que normativas complejas o restrictivas pueden limitarla. Los incentivos gubernamentales, como subsidios o beneficios fiscales para tecnologías sostenibles o prefabricadas, también impulsan la demanda de soluciones modulares. Por otro lado, las normas de planificación urbana, a través de restricciones o modificaciones en los planes reguladores, pueden afectar la viabilidad de proyectos modulares en determinadas áreas.

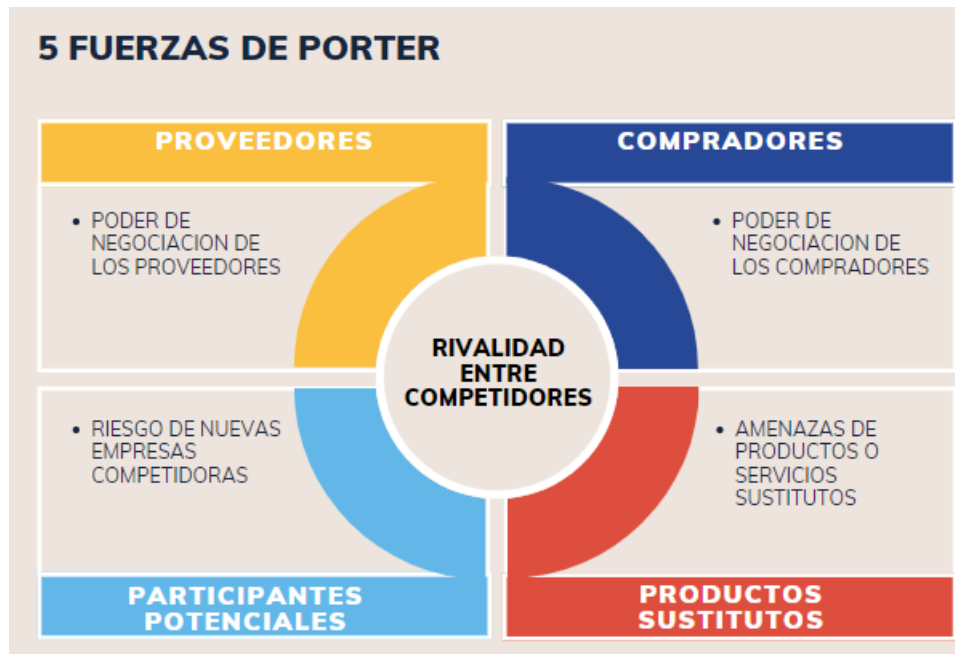
2.2.4.5. Factores Ambientales

La eficiencia energética es un factor clave que impulsa la demanda de construcción modular, ya que este tipo de construcción puede cumplir con altos estándares de reducción en el consumo energético. Además, en regiones vulnerables a desastres naturales o condiciones climáticas adversas, la construcción modular se presenta como una solución rápida y resistente para reconstrucción o mitigación. Finalmente, la escasez o limitación en el acceso a materiales de construcción tradicionales también puede favorecer el uso de alternativas modulares, que suelen ofrecer mayor flexibilidad y menor dependencia de recursos naturales limitados.

2.3. COMPORTAMIENTO DEL MERCADO

2.3.1. Análisis del microentorno – CINCO FUERZAS DE PORTER

El análisis de las cinco fuerzas de Porter es una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito empresarial para evaluar la competitividad de un sector o industria en particular. Fue desarrollada por el profesor Michael Porter y se basa en el análisis de cinco factores claves que determinan la estructura y la rentabilidad de un mercado. (Michaux, 2016).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1 Cinco fuerzas de PORTER

2.3.1.1. Amenaza de competidores entrantes

La creciente expansión de la industria modular en diferentes sectores ha impulsado la adopción de nuevas metodologías en la construcción, acelerando plazos de fabricación, reduciendo costos operativos y, abriendo a nuevas oportunidades en la materialidad de la construcción. Sin embargo, la amenaza de nuevos competidores entrantes con una amplia gama de productos modulares es moderada a elevada, motivado a las barreras de entrada existentes con la que deben contar estas empresas emergentes.

Estas barreras incluyen la necesidad de una infraestructura física con una capacidad de producción, o procesos de fabricación más eficientes, que satisfaga las necesidades y requerimientos específicos de clientes exigentes, además de un plan de aseguramiento y control de la calidad, entre otros.

2.3.1.2. Rivalidad entre competidores existentes

La rivalidad entre los competidores existentes en la industria modular es elevada, motivado a la presencia de competidores con una infraestructura sólida y trayectoria constante en el mercado. PROMET SERVICIOS compite principalmente con una gran empresa en Chile, como lo es TECNO FAST GROUP quien cuenta con una amplia línea de productos y mayor presencia a nivel nacional; además compite con la empresa de mediano tamaño como ATCO SABINCO quien cuenta con una mayor presencia nacional pero con una limitada línea de productos; por último, compite con una empresa de menor tamaño en términos de cobertura nacional (infraestructura) y, con limitaciones de productos que ofrecen al mercado tal como lo es CONTAINER-LAND CHILE. La rivalidad entre estas empresas crea presión sobre los márgenes de beneficio y, estimula innovación en busca de ventajas competitivas.

2.3.1.3. Amenaza de productos y servicios sustitutos

La amenaza de productos o servicios sustitutos para la empresa es baja. Aunque la industria modular se enfrenta a la competencia de métodos tradicionales de construcción, como la infraestructura de hormigón, la vivienda industrializada está ganando terreno rápidamente. Esto se debe a que sus clientes valoran la eficiencia y rapidez de la construcción modular, lo cual permite reducir significativamente los tiempos de ejecución de proyectos, minimizando así costos operativos.

2.3.1.4. Poder de negociación del proveedor

La empresa cuenta con una modesta gama de proveedores que ofrecen los principales materiales críticos en la cadena de suministro; sin embargo, Promet ha apostado por la creación de alianzas estratégicas con proveedores críticos para equilibrar las relaciones de negociación y, a su vez, asegurar el suministro oportuno; de manera que no se genere dependencia excesiva de un solo proveedor (Diario Financiero, 2023).

2.3.1.5. Poder de negociación del cliente

El poder de negociación de la empresa con sus principales clientes tiende a variar, pero mayormente se considera moderado. Promet cuenta con cierta capacidad de negociar en términos de ofrecer variedad de opciones con requerimientos específicos; sin embargo, es el cliente quien entrega las directrices del producto que necesita. Generalmente se esfuerza por entender estas necesidades de los clientes para ofrecer soluciones modulares personalizadas cumpliendo con los estándares de calidad y normas de construcción y, así mantener relaciones sólidas y equilibradas.

2.3.1.6. Resumen de oportunidades y amenazas – Microentorno

El análisis del microentorno identifica factores clave que pueden influir en la competitividad de la empresa en la industria modular. Entre las principales oportunidades, destaca la posibilidad de reducir costos de fabricación a través de alianzas estratégicas con proveedores, lo que optimizaría la eficiencia operativa. Sin embargo, una de las amenazas más relevantes es la creciente incorporación de nuevos competidores en el mercado, impulsada por la masificación de esta solución constructiva, lo que podría intensificar la competencia y presionar los márgenes de rentabilidad.

Tabla 2.8 Resumen oportunidades y amenazas

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Reducción de costos de fabricación por creación de alianzas estratégicas con proveedores.	Incorporación de nuevos competidores en la industria modular producto de la masificación.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Análisis del macroentorno – PESTEL

El análisis del macroentorno es un estudio de las condiciones o factores externos que influyen en el funcionamiento de todas las empresas y en la economía en su conjunto, más allá de un sector o región específicos.

El análisis PESTEL busca identificar oportunidades y amenazas que pueden impactar a la empresa, proporcionando información clave para la toma de decisiones estratégicas. Como señala Martínez y Milla (2012), *"el análisis PEST permite evaluar cómo los factores externos afectan de manera diferente a las organizaciones, incluso dentro de un mismo sector. Las influencias del entorno no impactan de igual manera a todas las empresas, lo que pone de relieve los motores de globalización en una industria."*

A continuación, se presentará un análisis PESTEL, que examina estos factores desde diversas perspectivas.

2.3.2.1. Factor Político

La construcción industrializada ha cobrado relevancia en la agenda política tanto en Latinoamérica como en Chile, debido a la necesidad de abordar el déficit habitacional, que en 2022 alcanzó las 552 mil viviendas, representando el 7,9 % del total de hogares (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2023). Esta situación ha convertido la adopción de prácticas más eficientes, como la construcción industrializada, en una prioridad gubernamental para optimizar el uso de tiempo y recursos, y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

A comienzos de este año, el Congreso Nacional emitió la Resolución 59 bajo el Decreto de Ley 1.305, que establece que el Ministerio de Vivienda y Urbanismo será responsable de garantizar la construcción de viviendas dignas a través del Plan de Emergencia Habitacional. Este programa incorpora la construcción industrializada, que reduce significativamente los costos, el tiempo de ejecución y los residuos industriales (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2023).

La implementación de la construcción industrializada para mitigar el déficit habitacional representa un hito en el compromiso del Estado con el bienestar ciudadano, además de sentar las bases para un desarrollo sostenible a largo plazo.

2.3.2.2. Factor Económico

La volatilidad del peso chileno frente al dólar estadounidense ha afectado significativamente los costos de importación de materias primas en la industria de la construcción, incluida la modular. Esto ha generado una recesión económica que ha reducido la inversión en nuevos proyectos y disminuido la demanda de construcción industrializada, especialmente en el sector minero. La incertidumbre económica resultante ha hecho que tanto clientes como empresas actúen con cautela al momento de invertir, un fenómeno común en países en desarrollo como Chile, donde la fluctuación cambiaria impacta la estabilidad macroeconómica y los niveles de inversión (UNCTAD, 2023).

Sin embargo, esta situación ha impulsado a las empresas del sector modular a diversificar los materiales utilizados en sus productos, desarrollando soluciones más flexibles y asequibles para mantenerse competitivas. Este enfoque estratégico busca no solo enfrentar los desafíos actuales, sino también anticiparse a futuras fluctuaciones (Zimmermann, 2022). La diversificación no solo implica el uso de materias primas más económicas, sino también la innovación en productos como módulos habitacionales y establecimientos educacionales. Tras la pandemia, el desarrollo de nuevos materiales y técnicas ha acelerado el crecimiento de la construcción modular, particularmente en viviendas prefabricadas ensambladas fuera de su emplazamiento (Diario Financiero, 2023).

2.3.2.3. Factor Social

La expansión de la industria modular en Chile como alternativa a la construcción tradicional ha generado dudas y estigmas en la sociedad, principalmente debido al desconocimiento sobre el diseño estructural y su capacidad para resistir sismos de gran magnitud. Esta falta de comprensión ha provocado resistencia hacia la adopción de nuevas tecnologías que ofrecen soluciones constructivas más económicas y rápidas.

Sin embargo, estos cuestionamientos representan una oportunidad para educar e informar sobre los beneficios de la construcción modular, concienciando a la sociedad acerca de su impacto

positivo. Esto podría ampliar el mercado tanto en Chile como en Latinoamérica, promoviendo su aceptación y crecimiento (Diario Financiero, 2023). Según Laborde (2011), el sector de la construcción es fundamental para el desarrollo económico de Chile, y las empresas deben innovar constantemente. En este sentido, el sistema modular ha ganado terreno, alcanzando ventas de más de US\$ 100 millones el año pasado.

2.3.2.4. Factor Tecnológico

En el contexto del auge creciente de la industria modular, es fundamental considerar los riesgos potenciales a los que están expuestos los trabajadores en esta industria en evolución. La manipulación de componentes grandes y el uso de maquinaria especializada presentan riesgos inherentes, como lesiones por manejo de cargas, atrapamientos o accidentes por falta de capacitación o supervisión adecuada.

A medida que la tecnología y automatización de procesos ganan terreno, la posibilidad de que ciertos puestos de trabajo tradicionales se vean reemplazados por robótica con la capacidad de aumentar el rendimiento y a su vez reducir los costos operativos, lo que también plantea desafíos en términos de seguridad para los trabajadores.

“La robótica de construcción es un elemento clave del futuro de la industria. Con el fin de hacer cumplir el cambio, promover verdaderamente una revolución del sector de la construcción y aumentar el uso de tecnologías innovadoras, el uso ampliado de robots y aplicaciones asistidas por máquinas será la próxima cosa más importante en la industria.” (Constructivo, 2023).

Por otro lado, la adopción generalizada de herramientas CAD y BIM (Building Information Modeling) ha revolucionado la forma en que se diseñan y planifican los proyectos de fabricación modular. Esta herramienta digital permite una visualización tridimensional detallada, facilitando la detección de posibles problemas antes de la fabricación física y mejorando la eficiencia en el diseño de ingeniería.

2.3.2.5. Factor Ecológico

La urgencia en la reducción de la huella de carbono en la industria de la construcción para minimizar el impacto medioambiental ha sido uno de los factores claves en la colaboración entre empresas de producción modular y entes gubernamentales, producto del calentamiento global que sufre el planeta en la actualidad.

La colaboración entre el sector privado y los gobiernos se ha convertido en un catalizador esencial para impulsar la innovación y la implementación de estándares más rigurosos de eficiencia energética, materiales sostenibles y métodos de construcción eco amigables.

La fabricación modular bajo entornos controlados reduce significativamente la cantidad de residuos industriales en comparación a la construcción tradicional in situ; ya que los residuos generados en estas instalaciones se almacenan y acopian en espacios cerrados que permite reciclar y reutilizarse en otros proyectos. Esto aporta en la reducción de ciento treinta y cinco millones de toneladas de residuos de construcción que terminan en vertederos cada año.

Por otro lado, se observa un fenómeno que destaca en el panorama industrial en donde gran parte de las diversas industrias han asumido un compromiso hacia el diseño e implementación de fuentes de energía renovable dentro de sus instalaciones. Esta transición hacia la energía limpia es impulsada por la creciente consciencia de la importancia de la sostenibilidad y la necesidad apremiante de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable.

2.3.2.6. Factor Legal

Las políticas gubernamentales actuales buscan promover la eficiencia e innovación en la industria de la construcción a través de incentivos fiscales, fomentando la industrialización del sector. El Plan de Emergencia Habitacional, impulsado por el poder ejecutivo, reconoce las ventajas de la construcción modular en términos de eficiencia y costos, implementando medidas que incentivan su financiamiento y apoyan la transformación de esta industria.

La ley 21.420, que elimina el Crédito Especial a Empresas Constructoras (CEEC) a partir del 1° de enero de 2025, busca reducir o eliminar exenciones tributarias para financiar políticas públicas en beneficio de la sociedad (Silva, 2023). Esto ha incentivado la creación de nuevas empresas modulares enfocadas en nichos específicos, como la fabricación de módulos habitacionales para el sector inmobiliario. No obstante, aún persiste cierta resistencia por parte de los consumidores hacia este tipo de construcciones, lo que representa un desafío para las empresas de viviendas prefabricadas.

Los prejuicios sobre la calidad y viabilidad de la construcción modular podrían afectar su aceptación generalizada, especialmente por la falta de cumplimiento con normas y estándares por parte de algunas pequeñas empresas (Alvarez, 2016). Esta situación supone una posible amenaza para las empresas más consolidadas, que ofrecen mayores garantías en términos de calidad y seguridad estructural

2.3.3. Análisis interno - FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta estratégica que evalúa la situación actual de PROMET; al identificar factores internos y externos. En la etapa de prefactibilidad, este análisis permite reconocer los recursos y ventajas competitivas del proyecto, así como las limitaciones y riesgos asociados. Además, facilita la toma de decisiones informadas y la formulación de estrategias que maximicen las

oportunidades y mitiguen las amenazas, contribuyendo así a una planificación y ejecución más efectiva del proyecto.

Post analizado el micro y macroentorno, se pudo deducir el siguiente cuadro FODA.

2.3.3.1. Fortalezas

- (F1) Planta de fabricación modular propia con una capacidad instalada de ciento cincuenta mil m² de producción al año.
- (F2) Sistema sólido de planificación de recursos empresariales y de gestión integrado a través de SAP S/4 Hanna.
- (F3) Fabricación de productos personalizados adaptados a las necesidades individuales de los clientes.
- (F4) Elaboración de ingeniería básica y conceptual para todo tipo de proyectos de infraestructura modular.

2.3.3.2. Oportunidades

- (O1) Incorporación de la industria modular en la construcción de viviendas para suplir déficit habitacional, a través del decreto de ley n° 1305 en la resolución 59.
- (O2) Innovación de nuevos productos que permitan mayor flexibilidad en las necesidades de los clientes, gracias a la diversificación de materiales en la fabricación.
- (O3) Reducción de costos operacionales por la implementación de energías renovables en planta de fabricación.
- (O4) Reducción de costos de fabricación por creación de alianzas estratégicas con proveedores.

2.3.3.3. Debilidades

- (D1) Logística externalizada puede fallar y paralizar las operaciones internas dentro de la planta de fabricación.
- (D2) Concentración en un único sistema de planificación empresarial, como SAP S/4 Hanna, puede exponer a la empresa ante posibles fallos o limitaciones del sistema.
- (D3) Servicio de postventa con canales limitados de comunicación.
- (D4) Proceso de reclutamiento deficiente puede llevar a la contratación de personal no idóneo, afectando calidad y productividad en el proceso.

2.3.3.4. Amenazas

- (A1) Fluctuación de costos de materia prima que afectan los costos de fabricación, generando limitaciones de competitividad en el mercado.
- (A2) Contracción económica en la inversión de nuevos proyectos de construcción.

- (A3) Creación exponencial de empresas modulares de menor tamaño podría originar incumplimiento en normas de construcción y prejuicios en la sociedad acerca de la industria modular.
- (A4) Incorporación de nuevos competidores en la industria modular producto de la expansión.

En resumen, del análisis FODA se puede realizar las siguientes conclusiones.

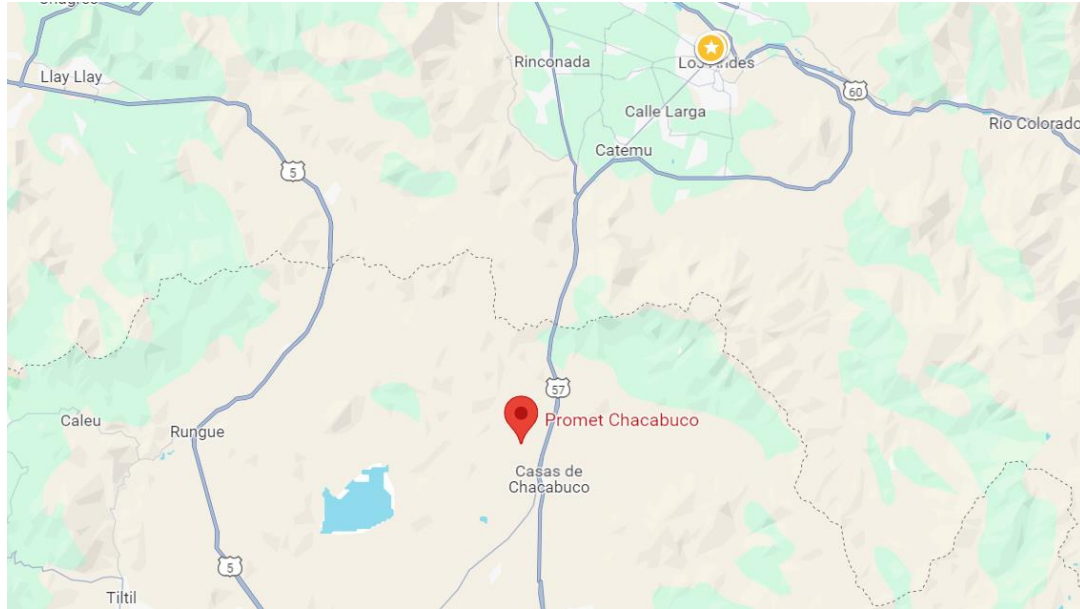
- La planta de fabricación modular propia con la que cuenta PROMET SERVICIOS, le permitirá aprovechar producir en serie soluciones modulares de viviendas que contribuirán a mitigar el actual déficit habitacional que existe en el país; diversificando sus nichos de mercado. (F1:O1)
- La deficiencia en el proceso de reclutamiento de mano de obra especializado para la fabricación modular podría limitar a PROMET SERVICIOS en la productividad y rendimientos de producción de viviendas industrializadas, generando limitaciones en la adjudicación de proyectos de este tipo. (D4:O1)
- La elaboración precisa de ingeniería y especificaciones técnicas asociadas a proyectos de infraestructura modular por parte de PROMET, le permitirá optimizar la cantidad de materiales requeridos por producto, gestionar la variabilidad de costos y, mantener la competitividad en el mercado. (F4:A1)
- La ausencia de procedimientos de reclutamiento de mano de obra calificada podría acarrear en sobrecostos de fabricación y, a su vez, generar limitaciones de competitividad en el mercado. (D4:A1)

2.4. ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN

2.4.1. Macrolocalización

La planta de producción Promet en Chacabuco presenta una ventaja estratégica en su macro localización, destacándose por varios factores que optimizan su operación:

- Accesibilidad y conectividad: Su ubicación ofrece un acceso eficiente a vías de transporte clave, como la Ruta 5 y la Autopista Los Libertadores, lo que facilita la conexión con el resto del país, optimizando el transporte de bienes, materiales y productos terminados.
- Proximidad a proveedores y clientes: Al estar situada en la Región Metropolitana y con acceso inmediato a las principales autopistas, la planta garantiza una gestión más ágil de las materias primas, reduciendo tiempos de entrega y costos logísticos, mejorando así la eficiencia de la cadena de suministro.



Fuente: Google maps.

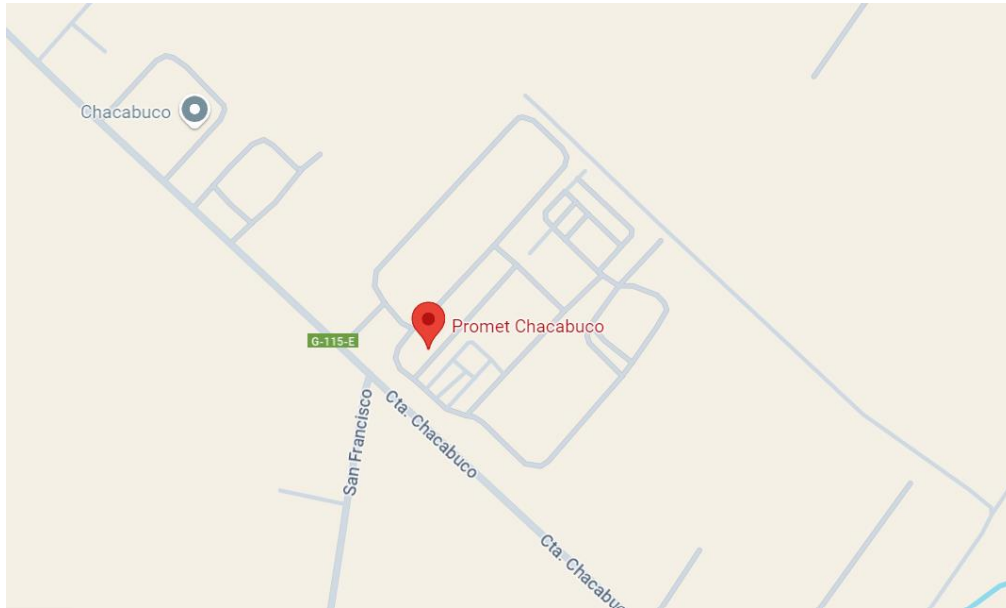
Figura 2.2 Ubicación macro, planta de producción Chacabuco

2.4.2. Microlocalización

La micro localización de la planta proporciona ventajas operativas significativas que potencian la eficiencia de sus actividades:

- **Diseño optimizado de la planta:** La distribución de las instalaciones maximiza el uso del espacio disponible, lo que facilita un flujo eficiente de materiales, una adecuada organización de las líneas de producción y una mayor productividad en los procesos operativos.
- **Acceso a servicios esenciales:** La planta está ubicada en una zona con disponibilidad inmediata de servicios básicos como energía, agua y telecomunicaciones, lo que garantiza un funcionamiento ininterrumpido y estable de las operaciones.
- **Capacidad de expansión:** La ubicación de la planta ofrece áreas adicionales que permiten la expansión futura, ya sea para agregar nuevas líneas de producción o para incrementar la capacidad de almacenamiento, adaptándose al crecimiento de la demanda.
- **Seguridad y facilidad de acceso:** El emplazamiento en una zona segura y con accesos convenientes facilita el flujo constante de vehículos de transporte y proporciona un entorno de trabajo seguro tanto para el personal como para los proveedores.

- Proximidad a otras industrias: Al estar en un área industrial, Promet se beneficia de la cercanía con empresas afines, lo que genera oportunidades de colaboración y optimización de procesos mediante sinergias y alianzas estratégicas.



Fuente: Google maps.

Figura 2.3 Ubicación micro, planta de producción Chacabuco



Fuente: Google Earth.

Figura 2.4 Ubicación satelital, planta de producción Chacabuco

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA

3. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA

3.1 DEFINICIÓN DE PROCESOS

La definición de procesos es fundamental para aplicar la metodología Lean en una empresa de producción, ya que estandariza las actividades y facilita la detección y eliminación de desperdicios en cada etapa. La claridad en los procesos permite medir y controlar el rendimiento, lo que promueve la mejora continua y asegura que el equipo esté alineado en sus objetivos. Además, una estructura de procesos bien definida es indispensable para el mapeo de flujo de valor, con el objetivo de optimizar cada paso y maximizar el valor percibido por el cliente final.

Como se estableció en el punto 2.2.1. Alcance y metodología para utilizar, se definieron seis pasos específicos para el levantamiento de procesos, los cuales guiarán esta implementación de forma sistemática y estructurada.

3.1.1. Identificación del valor

Para integrar la identificación de valor de la metodología Lean con la propuesta de valor de la empresa, es importante establecer cómo la eficiencia en los procesos productivos contribuye directamente a su promesa de transformación en los espacios habitables. La declaración de la empresa, **“Transformamos la forma de habitar, para vivir mejor”**, subraya su compromiso con mejorar la experiencia de vida de sus clientes a través de productos innovadores y de alta calidad.

La eficiencia operativa es un pilar para cumplir con esta propuesta, ya que asegura que los productos se desarrollen y entreguen de manera ágil y con los estándares de calidad necesarios para maximizar la satisfacción del cliente.

Desde la perspectiva de Lean, el valor principal de la planta radica en la eficiencia de sus procesos en línea, una condición indispensable para reducir tiempos, minimizar costos y eliminar desperdicios. La optimización de estos procesos no solo mantiene la competitividad en el mercado, sino que también contribuye a una propuesta de valor sólida, al garantizar que los recursos y esfuerzos de la planta se enfoquen en actividades que efectivamente aporten a la transformación del espacio habitacional, alineando los objetivos de producción con la misión de la empresa.

3.1.2. VSM actual

El Value Stream Mapping (VSM) o mapeo de flujo de valor es una herramienta clave en la metodología Lean que permite visualizar, analizar y optimizar cada etapa de un proceso para mejorar el flujo de valor hacia el cliente.

El VSM es importante porque permite a las empresas visualizar el flujo completo de valor, facilitando la comprensión integral de cómo se mueve el trabajo y qué actividades aportan valor real al cliente

Para ello la planta productiva cuenta con 8 puestos de trabajo que se componen de las siguientes actividades. (Ver tabla 3.1. VSM actual)

Tabla 3.1 VSM actual - puestos de trabajos y actividades

Puesto de trabajo	Actividades
Estructura metálica	○ Tronzado ○ Armado ○ Soldadura ○ Remate ○ Limpieza ○ Pintura
Obra gruesa	○ Instalación de contrapiso ○ Instalación de piso ○ Fabricación de tabiques ○ Instalación de tabiques
Terminación interior	○ Instalación de aislación tabiques interiores ○ Separación interior de recintos ○ Instalación de puertas interiores ○ Instalación de molduras y terminaciones
Terminación exterior	○ Instalación de aislación exterior ○ Instalación de revestimiento exterior ○ Fabricación e instalación de cubierta ○ Instalación de ventanas ○ Instalación de puertas de acceso
Instalaciones eléctricas	○ Canalización ○ Cableado ○ Instalación de artefactos eléctricos ○ Prepruebas ○ Pruebas eléctricas ○ Pruebas de funcionamiento
Instalaciones sanitarias	○ Pre armado sanitario ○ Instalación de ramal ○ Instalación de artefactos ○ Instalación de accesorios ○ Prepruebas ○ Prueba sanitaria 1 ○ Prueba sanitaria 2 ○ Prueba de funcionamiento
Aseo y sello	○ Sellos ○ Limpieza ○ Terminaciones generales interior/ exterior
Liberación	○ Revisión de calidad ○ Corrección de maestros ○ Revisión final de calidad.

Fuente: Elaboración propia

Se registraron los tiempos de trabajo en minutos para cada puesto de trabajo, considerando una unidad modular, lo cual permitió obtener los tiempos totales por puesto y el tiempo total por módulo. Para la distribución de estos tiempos, el VSM realizado en la planta de producción clasifica el tiempo en tres categorías principales.

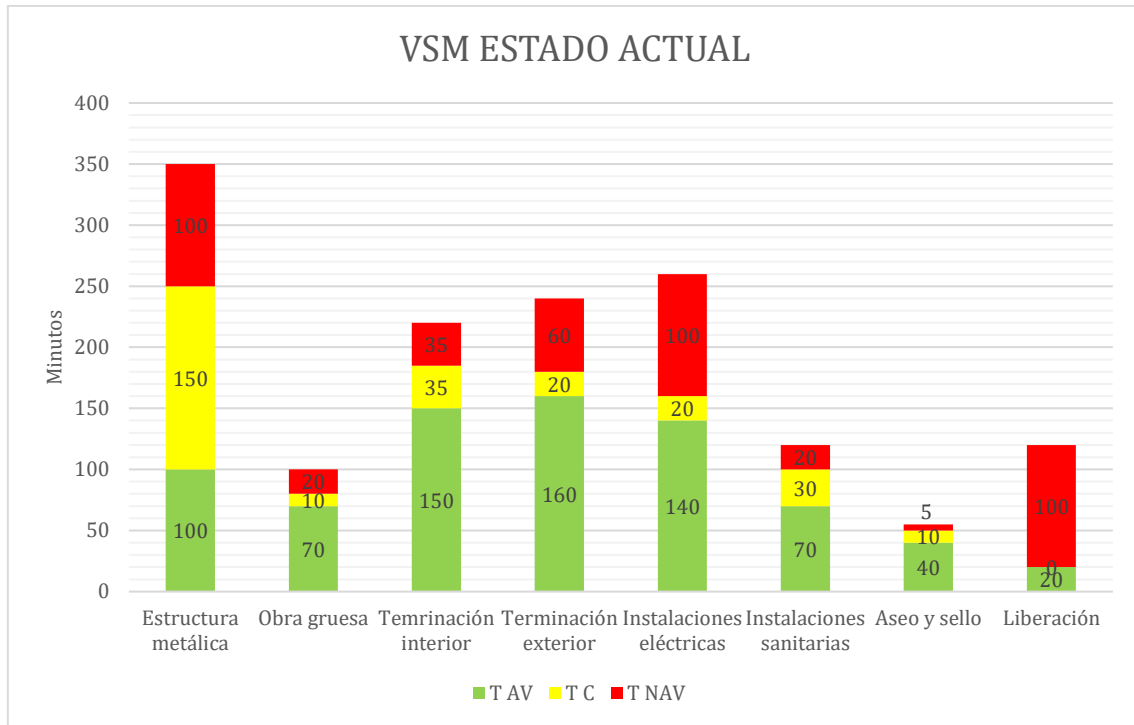
1. **Tiempo que Agrega Valor (T AV):** Tiempo en minutos invertido en actividades que transforman el producto, estas actividades modifican y son necesarias para la fabricación del módulo, se consideran actividades que agregan valor como es el corte, armado, soldadura, etc.
2. **Tiempo Contributivo (T C):** Este tiempo en minutos que corresponde a actividades necesarias para el funcionamiento del proceso, aunque no aportan valor directo al producto final desde la perspectiva del cliente. Sin embargo, son esenciales para que el flujo de trabajo se mantenga estable y seguro. En la planta de producción dichas actividades corresponden a inspecciones de calidad, documentación de seguridad, mantención de herramientas o maquinas, preparación de puestos de trabajo.
3. **Tiempo que No Agrega Valor (T NAV):** Este es el tiempo en minutos que es asociado con actividades que no contribuyen a mejorar el producto ni son necesarias para el funcionamiento del proceso. Se consideran desperdicios (muda, en términos Lean) y deben minimizarse o eliminarse. Se detectó entre estos tiempos, traslados innecesarios por no calidad de materiales, traslado en búsqueda de materias primas y/o herramientas, falta de autocontrol en los procesos.

Además, se consideró la cantidad de Mano de obra (MO) necesaria en cada puesto de trabajo para realizar la operación en esos tiempos, pudiendo evidenciarlo en la siguiente tabla (ver tabla 3.2. Análisis de tiempos):

Tabla 3.2 Análisis de tiempos - VSM actual

Puesto de trabajo	MO	T AV	T C	T NAV
Estructura metálica	6	100	150	100
Obra gruesa	5	70	10	20
Terminación interior	5	150	35	35
Terminación exterior	5	160	20	60
Instalaciones eléctricas	4	140	20	100
Instalaciones sanitarias	4	70	30	20
Aseo y sello	2	40	10	5
Liberación	2	20	0	100

Fuente: Elaboración propia.



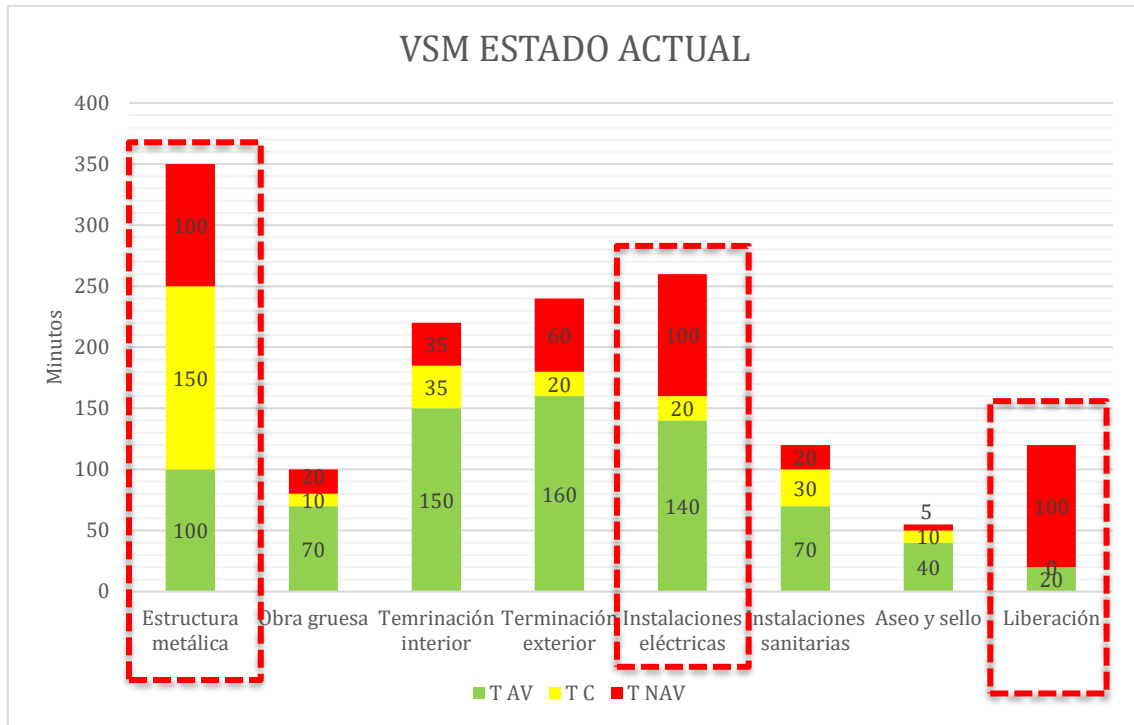
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3.1 VSM Estado actual

3.1.3. Eliminación de tiempos improductivos

Eliminar los tiempos improductivos (o tiempos que no agregan valor NAV) y reducir los contributivos en el proceso productivo de la planta de producción, es esencial para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la satisfacción del cliente.

Los tiempos improductivos representan un uso innecesario de recursos y elevan los costos operativos sin aportar valor al producto. Al reducir estos tiempos y optimizar los contributivos, como los ajustes de maquinaria o inspecciones, la planta puede producir más unidades en menos tiempo y con menos desperdicio, lo que incrementa su capacidad de respuesta y competitividad en el mercado. Además, la eliminación de estos tiempos permite optimizar la capacidad de producción sin inversiones adicionales y mejora la calidad del producto final al reducir errores y la necesidad de retrabajos, alineándose con los principios de la metodología Lean y la mejora continua.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3.2 VSM Estado actual - Actividades críticas

Bajo el análisis de VSM actual se pudo identificar 3 puestos de trabajo críticos, que utilizan demasiado tiempo contributivo o demasiado tiempo que no agregan valor.

3.1.3.1. Puestos de trabajo críticos

Se identificó que los tiempos que no agregan valor corresponden a las siguientes actividades (Ver tabla 3.3):

Tabla 3.3 Análisis de puestos de trabajos críticos

Puesto de trabajo	Actividades que no agregan valor
Estructuras metálicas	• Retiro de material, muchas veces. • Espera para traslado de material (coordinación de grúa horquilla) • Falla de herramienta • Devolución de material que no cumplen calidad.
Instalaciones eléctricas	• Retiro de material • Exceso de piezas pequeñas que requieren orden y pre armado • Falla de herramienta • Materiales que no cumplen calidad • Pruebas rechazadas (no se realizan las prepruebas)
Liberación	• Falta de revisión final por parte de la supervisión • Falta de auto control • Exceso de revisiones y tiempo por parte del inspector de calidad.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2. Plan de acción

Elaborar un plan de acción para eliminar las actividades que no agregan valor en un proceso productivo es fundamental para optimizar la eficiencia operativa. Al identificar y eliminar tareas innecesarias, se maximiza el uso de los recursos, se agiliza el proceso y se disminuye el riesgo de errores.

Este enfoque no solo optimiza el tiempo, sino que también permite centrarse en lo que realmente importa al cliente, mejorando su satisfacción. Además, contribuye a fomentar una cultura de mejora continua, garantizando que la organización se mantenga competitiva y alineada con sus objetivos estratégicos.

A continuación, se despliega una serie de tareas para aminorar, los objetivos de bajada del VSM propuesto.

- Preparación de las áreas de trabajo: Se deberán implementar mesas fijas, niveladas, además de compra de niveles laser para evitar reprocesos
- Implementación de metodología KANBAN: Se debe generar un programa de aprovisionamiento de material, que el centro de distribución (Supply Chain) debe ser capaz de distribuir. Dicho levantamiento de necesidad se realizará a través de tarjetas Kanban, y debe ser dispuestos en el sector demarcado para ello.

- Mantenimiento debe asegurar el aprovisionamiento de herramientas ante una falla, por ello al iniciar el proyecto se realizará un programa de necesidad de herramientas y se debe contar con ellas, en condiciones óptimas para poder ser reemplazadas, ante falla
- Poka – Yoka Tanto en los controles de materias primas como en los controles de procesos, de detectarse una falla de material, una falla de proceso o una falla de herramientas o máquina que no pueda ser cambiada, se debe realizar la detención de la línea, para de esta asegurar la detención del error.
- Inculcar ciclo de mejora continua, fomentar la responsabilidad del equipo y el auto control.
- A los proveedores estratégicos (CINTAC/ GUZMAN/ VOLCAN), se les alineará con los requerimientos de producción, solicitándoles mejoras en sus entregas de materiales, de esta manera optimizar procesos.
 - CINTAC: Como socio estratégico y miembro del comité de innovación del holding, proporcionará prefabricados de tabiques, considerando la instalación de Metalcom, aislamiento y forrado en una cara. Esto permitirá a la planta productiva ahorrar tiempo en la fabricación y en el taller.
 - ELECTRICIDAD GUZMAN: Proporcionará todo lo necesario para el cableado, artefactos y accesorios mediante kits de instalación por módulo, facilitando la integración en el proceso de construcción modular.
 - VOLCAN Y AUSIN HNOS: Entregarán los materiales dimensionados por módulo, asegurando una adecuada distribución y facilitando el ensamblaje eficiente en cada etapa del proceso productivo.

La participación de estos cuatro proveedores será clave para la mejora de los procesos productivos, permitiendo a PROMET avanzar hacia el objetivo de convertirse en una planta productiva de semielaborados, en la que únicamente se requiera el ensamblaje de materiales sin necesidad de procesar materias primas. Aunque la estrategia se propone iniciar con estos cuatro proveedores estratégicos, se espera poder expandirla y homologarla con todos los proveedores, buscando una integración más eficiente y estandarizada en todo el proceso productivo, lo que optimizará tiempos y reducirá costos operativos a largo plazo.

3.1.4. VSM propuesto

Una vez determinado el VSM actual, se propone la eliminación de puestos de trabajo redundantes y la consolidación de estaciones de trabajo, permitiendo que en cada estación se realicen múltiples actividades de manera paralela. Este enfoque facilita la optimización de los tiempos de fabricación y contribuye a una mejor gestión de los futuros problemas de calidad. Además, permite identificar de manera más eficiente los cuellos de botella dentro del flujo de trabajo. Para alcanzar estos tiempos propuestos en el VSM, se llevó a cabo un levantamiento

detallado en línea en colaboración con los maestros y supervisores, desglosando las tareas mediante el uso de cartas de balance (ver anexo 1). En dichas cartas de balance se detallan las estaciones de trabajo, especificando las actividades y los tiempos requeridos para su ejecución, así como la cantidad de mano de obra necesaria

Tabla 3.4 VSM propuesto - Estaciones y actividades

ESTACIONES	ACTIVIDADES
1	• Tronzado • Soldadura • Armado
2	• Limpieza, • Pintura • Secado
3	• Contrapiso • Piso
4	• Tabiques longitudinales • Canalización, Cielo y Techo
5	• Montaje Tabiques
6	• Aislación interior/ exterior • Conexionado eléctrico • Pre-armado sanitario
7	• Forro exterior • Instalación de artefactos • Terminaciones • Cubierta
8	• Pruebas de Calidad
9	• Instalación Mobiliario • Aseo y sello • Liberación

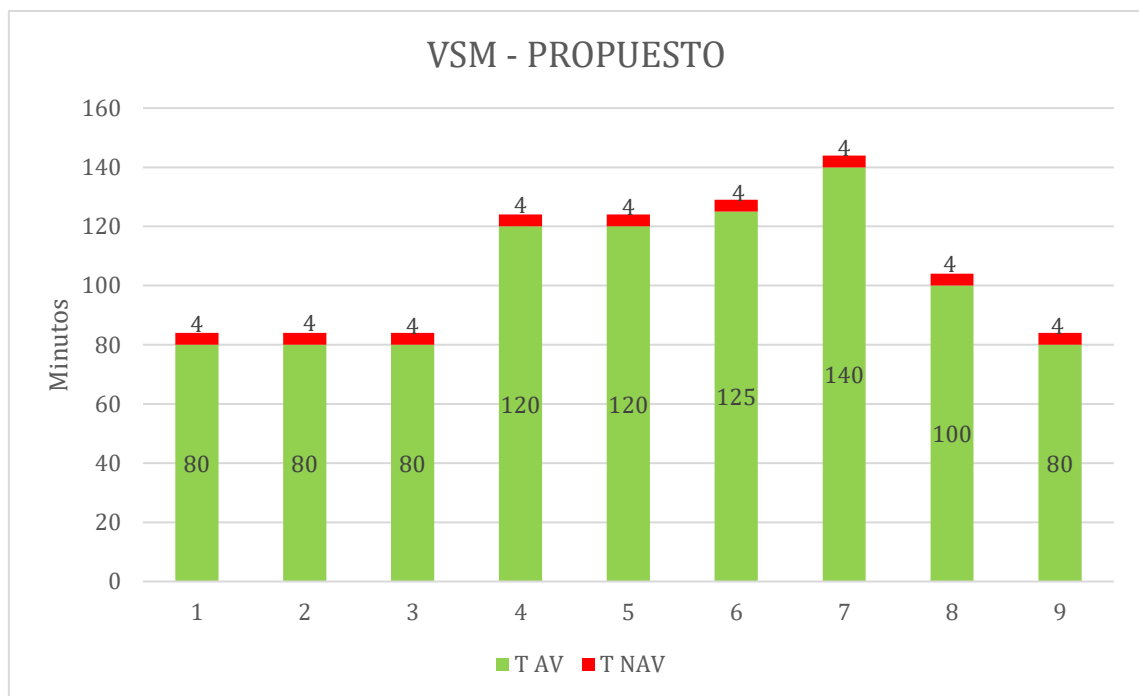
Fuente: Elaboración propia.

En base a esta propuesta de estaciones y planes de acción mencionados. Se puede identificar baja en los tiempos que no agregan valor, distribución de los tiempos que agregan valor, y además mejor distribución de la mano de obra.

Tabla 3.5 VSM propuesto - análisis de tiempo

ESTACIONES	MO	T AV	T NAV
1	4	80	4
2	2	80	4
3	3	80	4
4	4	120	4
5	5	120	4
6	5	125	4
7	5	140	4
8	3	100	4
9	4	80	4

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3.3 VSM - propuesto

3.1.4.1. VSM actual v/s VSM propuesto

Como se observa en la Tabla 3.6, la optimización en la distribución del trabajo, mediante el uso de la carta de balance, permitió una reducción de 504 minutos, lo que equivale a aproximadamente un día completo de mejora en los procesos operativos.

Tabla 3.6 VSM actual v/s propuesto

	VSM ACTUAL	VSM PROPUESTO	% REDUCCION
TIEMPO TOTAL FAB (MIN)	1465	961	34%
TIEMPO TOTAL FAB (HORAS)	24	16	
TIEMPO TOTAL FAB (DIAS)	3	2	

Fuente: Elaboración propia

La comparación entre el VSM actual y el VSM propuesto es un proceso crucial para evaluar la efectividad de las mejoras en los procesos productivos dentro de un enfoque Lean. Esta relación permite identificar y analizar las ineficiencias y los desperdicios presentes en el flujo de trabajo actual, como tiempos de espera y pasos innecesarios. Al comparar el VSM actual con el propuesto, se puede visualizar cómo las modificaciones sugeridas optimizarían estos flujos, reduciendo costos operativos, tiempos de ciclo y aumentando la capacidad de respuesta del sistema. Además, proporciona una base sólida para una planificación efectiva, permitiendo establecer metas alcanzables y monitorear el progreso en la implementación de las mejoras, asegurando que los cambios sean sostenibles y estén alineados con los objetivos estratégicos de la organización.

3.1.5. Implementación de 5S

Para la implementación de la metodología de las 5S en la planta productiva de Promet, se propone el siguiente programa, orientado a optimizar los procesos productivos a través de la metodología Lean.

El objetivo principal es establecer un entorno de trabajo organizado, seguro y eficiente que fomente la mejora continua y maximice la productividad. Mejorando significativamente la eficiencia y calidad de sus procesos productivos. Este programa no solo optimizará los tiempos de fabricación, sino que también contribuirá a crear un ambiente de trabajo más seguro y agradable. La estandarización y la disciplina fomentadas por las 5S ayudarán a la empresa a adoptar una cultura de mejora continua y a maximizar los beneficios de la metodología Lean en la construcción modular.

3.1.5.1. Planeación y Preparación

El objetivo de esta fase es sentar las bases para el éxito del programa, asegurando que la organización esté alineada y lista para ejecutar las siguientes etapas del proceso

- **Capacitación:** Realizar talleres de formación para los colaboradores en los principios y prácticas de las 5S, asegurando la comprensión y el compromiso de todos los niveles de la organización.

- **Evaluación Inicial:** Realizar una auditoría de las áreas de trabajo actuales para identificar oportunidades de mejora y establecer una línea base de las condiciones actuales.
- **Asignación de Responsabilidades:** Definir un equipo líder de implementación de 5S que incluirá representantes de diferentes departamentos (producción, calidad, logística, y mantenimiento), quienes serán responsables de coordinar las actividades.

3.1.5.2. Seiri (Clasificación)

Eliminar elementos innecesarios en las áreas de trabajo para liberar espacio y reducir el riesgo de accidentes. Para ello es necesario

- Clasificar todas las herramientas, materiales y equipos según su utilidad.
- Separar los elementos necesarios de los innecesarios, almacenando o desechando lo que no sea requerido en el proceso productivo.
- Identificar los elementos necesarios y asegurarse de que cada área mantenga solo lo esencial.

3.1.5.3. Seiton (Orden)

Organizar los elementos necesarios de manera eficiente y accesible para minimizar el tiempo de búsqueda.

- Diseñar un esquema de almacenamiento y disposición visual para cada estación de trabajo.
- Establecer ubicaciones claras y marcadas para herramientas y materiales según su frecuencia de uso.
- Implementar sistemas de señalización y etiquetado que faciliten la identificación rápida de cada elemento.

3.1.5.4. Seiso (Limpieza)

Mantener el área de trabajo limpia y ordenada para mejorar el ambiente laboral y reducir el riesgo de fallos o defectos.

- Asignar tiempos específicos al inicio y final de cada jornada para limpieza y mantenimiento básico de los equipos.
- Establecer un programa de limpieza profunda semanal en cada área.
- Fomentar la participación del personal en la limpieza, asegurando que cada estación esté libre de residuos y materiales innecesarios.

3.1.5.6. Seiketsu (Estandarización)

Crear normas y procedimientos para mantener el orden y limpieza alcanzados.

- Documentar las prácticas de organización y limpieza en un manual de procedimientos.
- Crear listas de verificación para asegurar el cumplimiento diario de las 5S.
- Implementar indicadores visuales que permitan a los supervisores monitorear fácilmente el cumplimiento de las 5S.

3.1.5.7. Shitsuke (Disciplina)

Fomentar la cultura de disciplina y responsabilidad para que las 5S se mantengan en el tiempo.

- Establecer auditorías internas periódicas para evaluar la adherencia a las 5S.
- Reconocer y recompensar a los equipos y colaboradores que se destaquen en la implementación y mantenimiento de las 5S.
- Promover la mejora continua de las prácticas y ajustes en el sistema de acuerdo con la retroalimentación del personal.

3.1.5.8. Indicadores de Éxito

- **Reducción del Tiempo de Búsqueda:** Medir la disminución del tiempo que el personal dedica a buscar herramientas y materiales.
- **Optimización del Espacio de Almacenamiento:** Calcular la reducción de espacio ocupado por elementos innecesarios.
- **Disminución de Incidentes de Seguridad:** Registrar la cantidad de incidentes antes y después de implementar las 5S.
- **Mejora en la Productividad:** Comparar el tiempo de ciclo de producción antes y después de la implementación.

3.1.6. Parse Suite

Parse es una empresa chilena que se especializa en el desarrollo e integración de software para la optimización de procesos industriales. Su producto principal, llamado Parse Suite, es un ERP de producción diseñado para mejorar la gestión de procesos productivos y facilitar la toma de decisiones estratégicas. Este sistema ayuda a visualizar indicadores operacionales y estratégicos, lo cual permite identificar cuellos de botella y optimizar la programación de la producción para una gestión eficiente de inventarios y recursos.

El ERP incluye módulos que cubren áreas clave como la planificación y programación de la producción, datos en tiempo real y control de producción. Entre sus características, Parse Suite

ofrece herramientas para la planificación semanal y mensual, control de inventarios, generación de reportes de eficiencia, y captura de datos directamente desde las líneas de producción mediante dispositivos de monitoreo. También, el módulo de visión S&OP permite a los directivos analizar el rendimiento y proyecciones en ventas, inventarios y producción para una mejor coordinación entre equipos y áreas de la empresa.

Parse Suite se enfoca en adaptarse a las necesidades específicas de cada cliente, ofreciendo consultoría y soporte en todo el proceso de implementación

3.2 MEJORA DE PROCESOS Y SU IMPACTO EN LOS COSTOS

3.2.1. Economía a escala

La economía de escala juega un papel crucial en la implementación de la metodología Lean en los procesos productivos, ya que ambas estrategias comparten el objetivo de optimizar recursos y maximizar la eficiencia operativa. La economía de escala permite reducir los costos unitarios a medida que aumenta el volumen de producción, lo que se alinea con los principios Lean, orientados a la eliminación de desperdicios, la mejora continua y la maximización del valor para el cliente.

En un contexto de optimización Lean, aprovechar las economías de escala no solo contribuye a reducir los costos de producción, sino que también facilita la implementación de prácticas como la producción ajustada, donde la capacidad de producir más con menos recursos es fundamental para mejorar la competitividad. Al reducir los costos y distribuirlos en un mayor número de unidades producidas, Promet puede lograr una mayor eficiencia en sus procesos.

Dentro del marco de la economía de escala y la metodología Lean, es crucial entender la composición de la estructura de costos para tomar decisiones estratégicas que optimicen recursos y mejoren la eficiencia. Un análisis detallado de la estructura de costos ayuda a distinguir como si subdividen estas cuentas, lo que es esencial para evaluar cómo las economías de escala pueden contribuir a la disminución de los costos unitarios al aumentar el volumen de producción. En este sentido, Promet organiza su estructura de costos modulares de la siguiente manera:

Tabla 3.7 Estructura de costo actual

Estructura de costos	Costo (CLP)	Costo (UF)	Porcentaje de la estructura (%)
Mano de obra indirecta	\$3.406.032	90	15
Materiales	\$16.706.930	440	74
Costos Generales	\$2.396.458	63	11
TOTAL	\$22.509.420	593	100

Fuente: Elaboración propia

La sinergia entre la economía de escala y la metodología Lean permite a las empresas no solo minimizar costos, sino también optimizar el uso de materiales, mano de obra y tecnología, elementos fundamentales en cualquier estrategia de mejora continua.

Según la tabla 3.7 se identifican 3 grandes estructuras de costos que componen la unidad modular, por ello cada uno de estos se verá disminuidos por la optimización e implementación del proceso Lean

3.2.2. Costos de mano de obra - OEE

El costo de mano de obra indirecta se refiere a aquellos gastos asociados a la fuerza laboral que no están directamente involucrados en la producción del bien o servicio, pero que son necesarios para el funcionamiento de la empresa

En la actualidad el módulo fabricado y vendido se lleva un 15% de la estructura total de costos. Para ello es clave poder analizar su baja, mediante la relación y eliminación de tiempos improductivos o que no agregan valor.

Para ello se utilizará el OEE (Overall Equipment Effectiveness) indicador que se utiliza en la metodología Lean para medir la productividad y la eficiencia de los procesos de fabricación de una empresa industrial

El OEE se calcula multiplicando tres factores: disponibilidad, rendimiento y calidad. Cada uno de estos factores se refiere a:

Disponibilidad: El tiempo real de trabajo del equipo en comparación con el total programado.

Según el análisis VSM actual y propuesto se puede decir que:

Para la fabricación de una unidad modular se requieren:

- Tiempo actual: 1465 minutos
- Tiempo propuesto: 961 minutos

$$DISPONIBILIDAD = \left(\frac{TIEMPO ACTUAL}{TIEMPO PROPUESTO} \right) \times 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 152\%$$

Rendimiento: La producción real en comparación con la producción óptima. Para ello se utilizarán los datos obtenidos tanto en el punto 2.2.2 Capacidad productiva y 2.2.3 Proyección de la demanda.

Según el análisis realizado el año 2023 Promet tuvo una capacidad de 890 unidades modulares fabricadas y vendidas. Mientras que en la proyección de demanda para el año 2025 se proyecta una demanda de 1388 unidades modulares fabricadas y vendidas.

$$RENDIMIENTO = \left(\frac{PRODUCCIÓN REAL}{PRODUCCIÓN PROYECTADA} \right) \times 100$$

$$RENDIMIENTO = 64\%$$

Calidad: La fabricación conforme en comparación con la total. En este rango Promet cuenta con sus Sistema de Gestión Integrado (SGI) en que los controles de calidad y la entrega de calidad de un producto es primordial y base de su sistema de gestión.

Para ello según datos promedios por cada módulo fabricado, se realizan alrededor 890 módulos de los cuales 800 tuvieron producto no conforme o reprocesos.

- Módulos fabricados e inspeccionados año 2023 890
- Módulos con calidad total año 2023 800

$$CALIDAD = \left(\frac{MÓDULOS INSPECCIONADOS}{MÓDULOS CON CALIDAD TOTAL} \right) \times 100$$

$$CALIDAD = 90\%$$

Obteniendo estos datos podemos calcular el OEE

$$OEE = DISPONIBILIDAD \times RENDIMIENTO \times CALIDAD$$

$$OEE = 88\%$$

- 85 a 100% OEE: (Nivel mundial estándar): un excelente desempeño dentro de los estándares globales de la industria. Se reconoce como un objetivo alcanzable que refleja una alta eficiencia operativa. Aunque siempre existen pérdidas inevitables, en este rango de OEE las pérdidas se gestionan de manera efectiva. Un OEE de este nivel sugiere que

el equipo de producción está funcionando de manera óptima, sin tiempos de inactividad significativos, con un rendimiento constante y sin productos defectuosos, lo que indica que el sistema está aprovechando al máximo sus capacidades.

- 50% a 85% OEE: Un OEE en este rango indica que hay una cantidad significativa de pérdidas de eficiencia en la producción. Esto puede estar relacionado con tiempos de inactividad, fallos de máquinas, defectos de calidad o velocidad de producción insuficiente.
- Por debajo del 50% OEE: Es una señal clara de que el sistema de producción tiene importantes problemas. Las pérdidas son excesivas, lo que puede implicar que se deben abordar fallos de equipo, ineficiencias operativas o calidad inadecuada en los productos.

Con el cálculo de OEE se puede decir lo siguiente:

Tabla 3.8 Reducción costo mano de obra

RESUMEN	
HH actual	806
Valor HH actual	\$ 4.227
Valor actual	\$3.406.032
HH optimizada	708
Valor optimizado	\$2.992.702

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Costos de materiales – KANBAN

La filosofía Kanban ayuda a reducir los costos de materiales mediante una gestión eficiente que ayuda a minimizar el exceso de inventario, evitar desperdicios y optimizar el uso de recursos, lo que reduce significativamente los costos operativos y de adquisición de materiales.

Los puntos clave son los siguientes:

- Control de Inventarios Justo a Tiempo (JIT): Kanban reduce los inventarios al ordenar materiales solo cuando se necesitan, lo que elimina el exceso de stock y los costos asociados al almacenamiento innecesario.
- Reducción de Desperdicios y Sobreproducción: Al alinearse con la demanda real y limitar el trabajo en curso (WIP), Kanban evita la sobreproducción y la acumulación excesiva de materiales, reduciendo el desperdicio por deterioro o exceso de inventarios.
- Mejora del Flujo de Trabajo: Kanban optimiza el flujo de materiales y mejora la coordinación entre los procesos, reduciendo interrupciones y compras innecesarias.
- Mayor Flexibilidad: La capacidad de adaptarse rápidamente a cambios en la demanda permite ajustes en el inventario y una compra más eficiente de materiales, reduciendo riesgos de obsolescencia o compras excesivas.

Según un artículo de la empresa SIX SIGMA denominado “**Kanban Inventory Management in Lean Manufacturing. Everything to Know**” indica que implementar metodología Kanban produce mejoras en la gestión de inventarios y la reducción de desperdicios pueden traducirse típicamente en una reducción de los costos de materiales que varía entre el 20% y el 50%, dependiendo de las ineficiencias iniciales y el grado de implementación del sistema Kanban.

En base a esto para la proyección del primer año (2025) se asumirá una reducción de costos del 20%, siendo este el más crítico.

Tabla 3.9 Reducción de costos de materiales

Estructura de costos	COSTO ACTUAL			COSTO PROYECTADO	
	Costo (CLP)	Costo (UF)	Reducción (%)	Costo (CLP)	Costo (UF)
Materiales	\$16.706.930	440	20%	\$13.365.544	349

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Costos Generales

Los costos generales son fundamentales porque permiten a la empresa entender y controlar los gastos asociados a la operación que no están directamente relacionados con la producción de cada unidad, pero que son esenciales para el funcionamiento integral del negocio. Con una gestión adecuada de estos costos, la empresa puede optimizar recursos, establecer precios competitivos, mantener una estructura financiera saludable y tomar decisiones estratégicas para maximizar la rentabilidad y la eficiencia. Además, un control de los costos generales contribuye a identificar oportunidades de ahorro y mejora continua en los procesos.

Como se menciona en el punto 2.2.3.2. *Proyección demanda futura*, diversos autores justifican el % de productividad alcanzado con la implementación de la metodología Lean, por ello para calcular el ahorro en los costos generales se utilizará el mismo criterio.

Tabla 3.10 Resumen de costos generales

AÑO	DEMANDA	COSTO GENERAL
2023	890	\$2.396.458
2025	1388	\$1.055.519

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Resumen de estructura de costo

En base al desglose realizado en los puntos anteriores podemos indicar lo siguiente:

Tabla 3.11 Comparativa de optimización de costos

ESTRUCTURA DE COSTO	COSTO ACTUAL		Reducción	COSTO OPTIMIZADOS	
	Costo (CLP)	Costo (UF)		Costo (CLP)2	Costo (UF)
Mano de obra indirecta	\$3.406.032	90	4%	\$2.992.702	78
Materiales	\$16.706.930	440	20%	\$13.365.544	349
Costos Generales	\$2.396.458	63	25%	\$1.055.519	28
TOTAL	\$22.509.420	593		\$17.413.765	455

Fuente: Elaboración propia.

Como se identifica implementando la metodología lean en la optimización de procesos se producen significantes ahorros de costos, desde obra directa hasta materiales; siendo este último el más crítico e importante de reducir.

Tabla 3.12 Porcentaje de optimización en la estructura de costos

	Costo (CLP)	Costo (UF)	Reducción (%)
ESTRUCTURA DE COSTO ACTUAL	\$22.509.420	593	23%
ESTRUCTURA DE COSTO OPTIMIZADO	\$18.444.067	455	

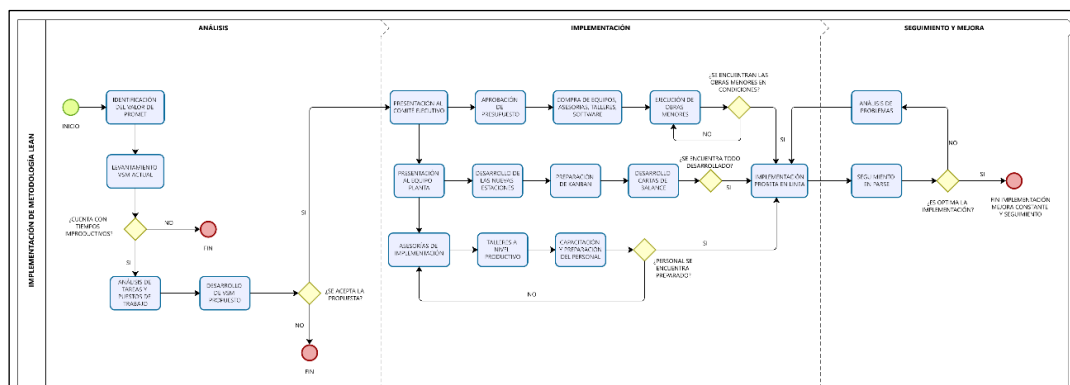
Fuente: Elaboración propia.

3.3 DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo es una herramienta fundamental en la implementación de la metodología Lean.

3.3.1. DIAGRAMA GENERAL

El diagrama de flujo para la implementación se compone de 3 grandes tareas, Análisis, implementación y seguimiento y mejora.

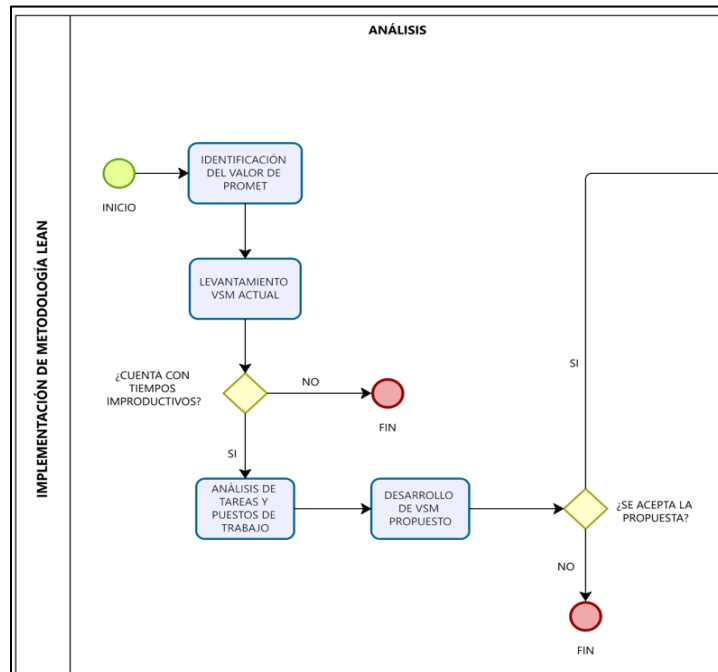


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.1 Diagrama de flujo general

3.3.2. DIAGRAMA POR SECCIÓN

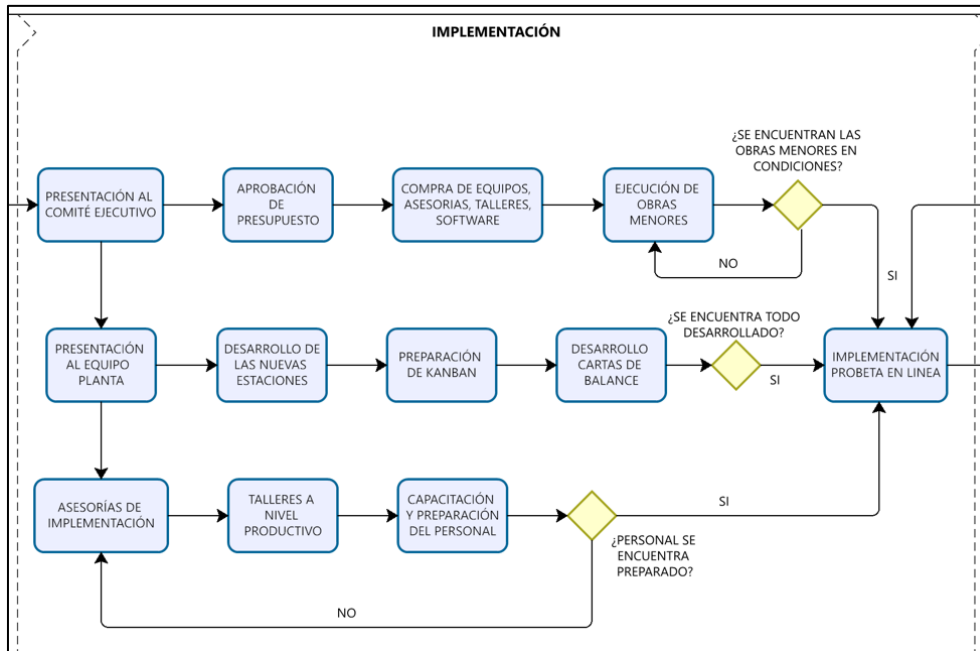
Para facilitar el entendimiento de las tres grandes etapas descritas en el punto 3.3.1, el diagrama de procesos se presenta de manera segregada. En la **Figura 3.2**, se detalla de forma específica y estructurada el proceso correspondiente al análisis de la situación actual, permitiendo una comprensión más clara de esta primera etapa crítica.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2 Diagrama de flujo, ítem análisis

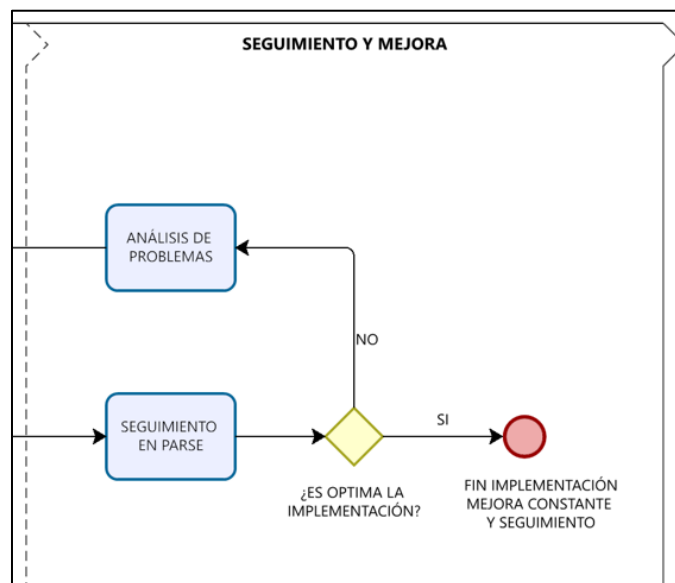
En la **Figura 3.3**, se presenta un detalle paso a paso del proceso de implementación, proporcionando una guía clara y estructurada para llevar a cabo cada etapa de manera eficiente. Este enfoque facilita la comprensión y ejecución del plan, asegurando que todos los elementos clave sean considerados y desarrollados de forma coherente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3 Diagrama de flujo, ítem implementación

En la **Figura 3.4**, se detalla el paso a paso para el proceso de seguimiento y mejora continua. Este desglose proporciona una guía estructurada que permite monitorear los resultados obtenidos, identificar oportunidades de optimización y garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas en el tiempo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4 Diagrama de flujo, ítem seguimiento

3.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y SOFTWARE

La selección de equipos e instrumentos adecuados es fundamental para el éxito de la metodología Lean porque estos elementos facilitan la implementación de las herramientas Lean y ayudan a lograr los objetivos de mejora continua, eficiencia, y reducción de desperdicios. Además, son complementarios a la gestión visual que provocan en cada estación, de esta manera poder recordarle a cada trabajador que es parte de esta mejora.

3.4.1. Software- implementación

SOFTWARE PARSE SUITE – MÓDULO CONTROL DE LA PRODUCCION

- Características:
 - El set consta de 18 cajas organizadoras azules de 15x 24 x 12.5 cm y un panel de acero ranurado negro para colgar al muro de 90x45 cm
- Valor referencia: \$62.775.042
- Referencia: <https://www.parse.cl/parse-suite/>

3.4.2. Equipos

COMPUTADOR

- Características:
 - Marca: Asus
 - Modelo: A3402WBAK-BA512W
 - Procesador: Intel® Core™ i3-1215U Processor 1.2 GHz (10M Cache, hasta 4.4 GHz)
 - Memoria: 8GB DDR4 SO-DIMM (1 x 8GB) (Máx. 32GB de Memoria Ram DDR4 3200MHz) 2 Slots
 - Almacenamiento: 512GB SSD M.2 NVMe™ PCIe® 3.0
 - Pantalla: 23.8" / FHD (1920 x 1080) 16:9, LCD, brillo 250nits, NTSC sRGB: 100%, Tasa de refresco 60Hz, antirreflejo
 - Tarjeta Gráfica: Intel® UHD Graphics
 - Sistema Operativo: Windows 11 Home
- Valor referencia: \$509.990
- Referencia: <https://www.pcfactory.cl/producto/50998-asus-all-in-one-a3-a3402-23-8-fhd-intel-core-i3-1215u-8gb-512gb-ssd-windows-11-a3402wbak-ba512w?origin=PCF>

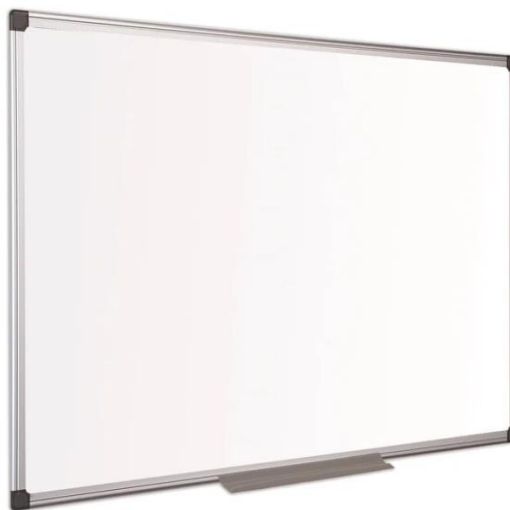


Fuente: www.pcfactory.cl

Figura 3.5 Imagen referencial de computador

PIZARRAS

- Características:
 - Color: Blanco / Metálico
 - Dimensión: 150 x 120 cm
 - Teclas: Adicto Antimicrobiano
 - Temperatura de almacenamiento: Temperatura ambiente
 - Tipo de producto: Pizarra acrílica
 - Características: Pizarra reversible, tiene superficie de acrílico por ambos lados.
 - Tipo de material: Acrílico
- Valor referencia: \$79.086
- Referencia: https://dipy.cl/products/pizarrablanca-melamina-150x120-aluminio-maya-bisil?srsId=AfmBOogtvM_2NpzHLar0GUf5Vr4LAP7tHEdzF93bT016ezkxd_jqJJUT

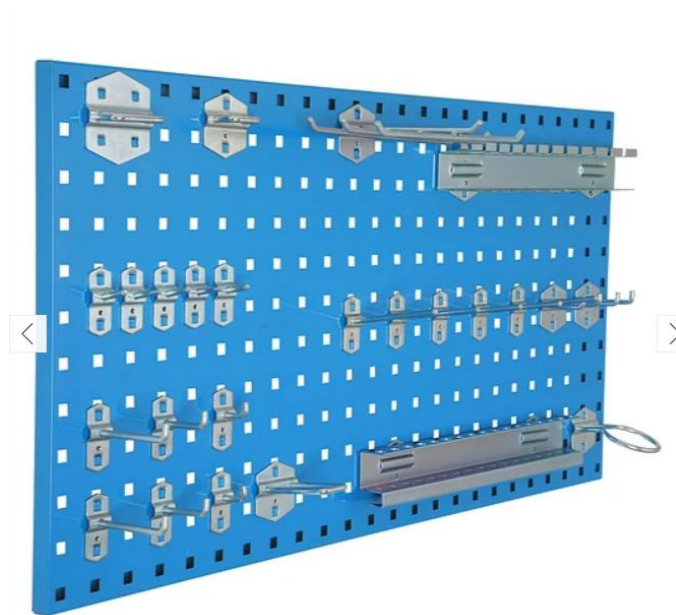


Fuente: www.dipy.cl

Figura 3.6 Imagen referencial pizarras

ORGANIZADOR DE HERRAMIENTAS DE PARED

- Características:
 - Panel de acero perforado de 90x45 cm para colgar en la pared.
 - Incluye 25 accesorios para colgar herramientas
 - 1 un soporte para 17 brocas de 39 cm de largo;
 - 6 c/u Gancho en L (2 de 25 mm; 2 de 50 mm y 2 de 75 mm)
 - 2 c/u Doble gancho en L de 50 mm;
 - 1 c/u Gancho de 6 brazos;
 - 3 c/u soportes para alicate (1 de 70 x 35 mm; 1 de 23 x 35 mm y 1 de 23 x 55 mm);
 - 1 c/u Soporte para 12 destornilladores de 39 cm de largo;
 - 1 c/u soporte para herramienta eléctrica de 60 mm de diámetro; 10 c/u ganchos inclinados (5 de 25 mm y 5 de 100 mm).
 - Ideal para tener las herramientas a la vista y disponibles.
- Valor referencia: \$119.990
- Referencia: <https://www.autorodec.cl/organizador-de-herramientas-de-pared-90-x-45-cm-c-25-accesorios>



Fuente: www.autorodec.cl

Figura 3.7 Imagen referencial organizador de herramientas

SET DE 18 CAJAS ORGANIZADORAS

- Características:
 - El set consta de 18 cajas organizadoras azules de 15x 24 x 12.5 cm y un panel de acero ranurado negro para colgar al muro de 90x45 cm
 - La capacidad de carga de las cajas es de 8 Kg por caja

- Cada una viene con etiqueta y cobertor,
- Se incluyen soportes para apilar en caso de que no se quieran colgar del panel.
- Material de las cajas: Polipropileno con estructura reforzada
- Valor referencia: \$139.990
- Referencia: <https://www.autorodec.cl/panel-de-acero-ranurado-de-90x45-cm-para-colgar-cajas>



Fuente: www.autorodec.cl

Figura 3.8 Imagen referencial set 18 cajas organizadoras

KIT DE CARGADOR MÁS BATERIA MAKITA

- Características:
 - Kit fuente 12V 2,0Ah
 - Cargador DC10SB
 - 2 baterías BL1021
 - Mak pack
- Valor referencia: \$139.000
- Referencia: <https://makitaespecialista.cl/productos/2477-kitfuente12v20ahcargadordc10sbbateriabl1>



Fuente: www.makitaespecialista.cl

Figura 3.9 Imagen referencial kit de cargador más batería Makita

CARROS METODOLOGÍA KANBAN

- Características:
 - Carro de acero plano y tubular
 - Base PVC Reforzado
 - Base Plástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) Antideslizante.
 - Base Metálica antideslizante
 - Manillar Plegable
 - Capacidad de carga 300 kg
 - Largo de la base 92 cm
 - Ancho de la base 60 cm
 - Altura desde el piso al manillar 88 cm
 - Altura de la base al piso 20 cm
 - 4 ruedas macizas de 5"
 - 2 ruedas delanteras fijas
 - 2 ruedas traseras giratorias
 - Peso 16 kg.
- Valor referencia: \$143.088
- Referencia: <https://www.inmatek.cl/carros-de-carga/151-carro-plano-plegable-300-kilos-4-ruedas.html>

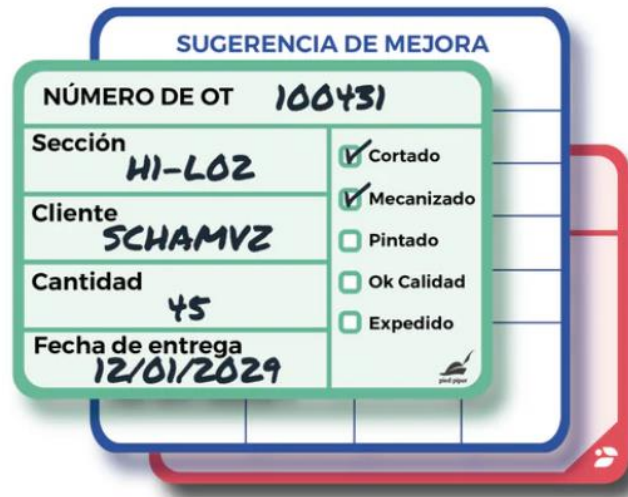


Fuente: www.inmatek.cl

Figura 3.10 Imagen referencial carros metodología Kanban

TARJETA MAGNÉTICA KANBAN

- Características:
 - 10 tarjetas magnéticas
 - Gestión de proyectos visuales para metodologías ágiles: Scrum y Kanban
 - Reutilizable: rotulador no permanente de borrado con agua incluido
 - 8 colores disponibles. Incluye rotulador no permanente
 - Ancho: 10,5cm y alto 7,4cm. (Din A7)
- Valor referencia: \$97.439
- Referencia: <https://www.tiendalean.com/collections/tarjetas-agile-kanban/products/iman-personalizado>



Fuente: www.tiendalean.com

Figura 3.11 Imagen referencial tarjeta magnética Kanban

3.5 DETERMINACIÓN DE INSUMOS, PRODUCTOS

Se consideran insumos y productos todos los materiales y herramientas esenciales para la implementación de Lean, tales como tableros Kanban, estaciones 5S y señalización visual. Estos insumos son fundamentales para la estructuración de los nuevos procesos, la organización del espacio de trabajo y el monitoreo eficiente del flujo de actividades según los principios Lean. Además, se considera el soporte técnico y mantención mensual del software Parse Suite. (Ver tabla 3.13)

Tabla 3.13 Resumen de insumos, productos.

INSUMOS	CAN	VALOR UN (CLP)	TOTAL MENSUAL	UF
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE ROJO	18	\$578	\$10.404	0,3
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE NEGRO	18	\$569	\$10.242	0,3
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE VERDE	18	\$582	\$10.476	0,3
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE AZUL	18	\$582	\$10.476	0,3
NOTA ADHESIVA POST IT 5 COLORES	18	\$ 5.335	\$96.030	3
MANTENCIÓN SOFTWARE	1	\$1.712.614	\$1.712.614	45
MARCADOR DE PISO CON FORMA DE FLECHA 5S	20	\$ 5.450	\$509.000	13
TOTAL			\$2.359.242	62

Fuente: Elaboración propia.

3.6 PROGRAMAS DE TRABAJO Y TURNOS

Una de las bases que busca la optimización en base a la metodología lean, es optimizar procesos sin modificar horarios o condiciones de trabajo.

Por ello en primera instancia se mantendrá el horario actual, en un turno, 8 horas efectiva de trabajo y 1 hora de colación.

Tabla 3.14 Programa de trabajo.

Días	Horario
Lunes a jueves	08:30 a 18:30
Viernes	08:30 a 17:30

Fuente: Elaboración propia.

3.7 PERSONAL DE OPERACIONES; CARGOS, PERFILES Y SUELDOS

Para la implementación de la optimización de procesos, se realizará una reestructuración de los cargos y responsabilidades de tres puestos clave:

- Operarios (anteriormente denominados "maestros").
- Supervisor de línea (antes denominado "capataz").
- Jefe de producción (antes denominado "profesional de terreno").

Además de estos ajustes, se incorporará un nuevo cargo destinado específicamente al aprovisionamiento y gestión de la metodología Kanban:

- Abastecedores.

Esta reestructuración busca alinear las responsabilidades con las nuevas necesidades operativas y fortalecer la implementación eficiente de las herramientas Lean.

Según lo indicado en el punto 3.1.4. VSM propuesto se indica la cantidad de operarios por estación, se debe considerar además 1 supervisor cada 2 estaciones, un jefe de producción y 10 abastecedores (1 para cada estación y un comodín). En resumen, se necesitan:

Tabla 3.15 Resumen de personal de operaciones

CARGO	CANTIDAD
ABASTECEDORES	10
OPERARIOS	35
SUPERVISORES	5
JEFE DE PRODUCCIÓN	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16 Cargo, perfil y sueldo.

CARGO	PERFIL	SUELDO BRUTO	UF
Operarios	Enseñanza media completa, experiencia en construcción	\$784.547.	21
Supervisor	Técnico o ingeniero en construcción o carrera a fin	\$1.133.714.	30
Jefe de producción	Ingeniero en construcción civil o carrera a fin.	\$1.661.995.	43
Abastecedores	Enseñanza media completa	\$659.532	17

Fuente: Elaboración propia

3.8 INVERSIONES DE EQUIPOS Y SOFTWARE

La definición de las inversiones en equipos y software es crucial, ya que estos recursos son fundamentales para garantizar la eficiencia operativa, facilitar la toma de decisiones basada en datos y asegurar la sustentabilidad de las mejoras a largo plazo. Equipos modernos y software especializado permiten automatizar tareas, reducir desperdicios, monitorear indicadores clave de rendimiento y adaptarse a las nuevas tecnologías de la Industria (ver tabla 3.17)

Tabla 3.17 Desglose de inversión - Equipos y Software

EQUIPO	CAN	UN	TOTAL (CLP)	TOTAL (UF)
PIZARRA	9	\$79.086	\$711.774	19
KIT BATERIAS	9	\$139.900	\$1.259.100	33
CARROS KANBAN	9	\$143.088	\$1.287.792	34
IMAN FORMATO KANBAN	10	\$102.847	\$1.028.470	27
SOFTWARE PARCE	1	\$62.775.042	\$62.775.042	1641
ORGANIZADOR DE PARED	9	\$119.990	\$1.079.910	28
CAJAS ORGANIZADORAS	9	\$139.990	\$1.259.910	33
COMPUTADORES	9	\$509.990	\$ 4.589.910	120
TOTAL			\$73.991.908	1.935

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.18 Resumen de inversión

	CLP	UF
INVERSIÓN EQUIPOS	\$11.216.866	293
INVERSIÓN SOFTWARE	\$62.775.042	1.641
TOTAL	\$73.991.908	1.935

Fuente: Elaboración propia.

3.9 INVERSIONES DE CAPITAL DE TRABAJO

Calcular la inversión de capital mediante el déficit acumulado es esencial para prever necesidades de liquidez y planificar estratégicamente, tanto en el ámbito general como en la implementación de Lean. Garantiza que los recursos estén disponibles en cada etapa, permitiendo que las mejoras o inversiones se implementen sin interrupciones operativas.

Para el análisis financiero del proyecto de optimización mediante la metodología Lean, se consideraron tanto los ingresos como los egresos adicionales derivados de la implementación

Ingresos:

- **Demanda proyectada:** Incluye el incremento en los volúmenes de producción esperados gracias a la mejora en los procesos, así como el impacto positivo en la capacidad de atender más clientes.
- **Ahorro de costos:** Resultado directo de la reducción de desperdicios, la eliminación de actividades que no agregan valor y la optimización del uso de recursos, características centrales de la metodología Lean.

Egresos:

Se incluyen únicamente los costos adicionales relacionados directamente con la implementación de la metodología, ya que Promet es una empresa operativa, y los costos fijos o regulares ya están contemplados en su presupuesto base. Los egresos adicionales se clasifican en:

- **Insumos y productos necesarios:** Materiales asociados a las herramientas Lean (por ejemplo, tableros Kanban, estaciones 5S, señalética visual).
- **Costos laborales:** Sueldos mejorados para los cargos reestructurados o creados

Este enfoque permite realizar el análisis exclusivamente en los costos e ingresos marginales asociados a la implementación de Lean, garantizando que la evaluación sea precisa y refleje únicamente el impacto incremental del proyecto en la estructura financiera de Promet. Esto asegura la viabilidad del análisis y facilita la toma de decisiones estratégicas basadas en datos concretos.

En resumen, para poder determinar la inversión de capital se debe tener claro que, la demanda viene dada por la proyección calculada en la tabla 2.7. *Proyección de demanda futura*, en donde se analiza diferencia de demanda antes la situación actual versus la implementación de la optimización. Ver *Tabla 3.19. Diferencia de demanda*.

Tabla 3.19 Diferencia de demanda

AÑO	DEMANDA SIN MEJORA LEAN	DEMANDA CON MEJORA LEAN	DIFERENCIA DE DEMANDA
2025	1110	1388	278

Fuente: Elaboración propia.

En ella se puede identificar que la demanda para poder llegar a la proyección 2025, corresponde a fabricar y vender 278 unidades modulares más. Para ello, se ha diseñado una distribución estratégica que considera los incrementos mensuales necesarios para alcanzar de forma sostenible el punto máximo de demanda al cierre del período evaluado.

La distribución de la demanda durante el primer año de implementación se proyectará de manera gradual, asegurando que al final del mes 12 se logre alcanzar la demanda máxima esperada. Esto se basa en un proceso de adaptación progresivo que sigue una tendencia exponencial, permitiendo que las operaciones y el sistema de producción se ajusten paulatinamente a los nuevos niveles de actividad.

Tabla 3.20 Distribución porcentaje de demanda

MES	% DE DEMANDA	CANT MODULOS
ENERO	5%	5
FEBRERO	5%	5
MARZO	5%	10
ABRIL	5%	10
MAYO	8%	10
JUNIO	8%	20
JULIO	8%	20
AGOSTO	10%	36
SEPTIEMBRE	10%	36
OCTUBRE	10%	42
NOVIEMBRE	13%	42
DICIEMBRE	13%	42
TOTAL	100%	278

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la disminución de los ingresos viene dada por el punto 3.2.5. *Resumen de estructura de costos* en la tabla 3.12. *Porcentaje de optimización en la estructura de costo* en donde se realiza la comparativa del costo de fabricación de una unidad modular en la actualidad versus el costo de estructura con reducción bajo la implementación de la metodología Lean. Indicando que la estructura de costo (mano de obra, materiales, y costos generales) se pudieron reducir un 23%.

Siendo **455 UF** la estructura de costo de la unidad modular, con la optimización del proceso.

Tabla 3.21 Inversión de capital (UF), método de déficit acumulado

ITEM/ MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INGRESOS	455	455	455	455	455	455	455	455	455	455	455	455
DEMANDA	5	5	10	10	10	20	20	36	36	42	42	42
TOTAL, INGRESOS	2.276	2.276	4.553	4.553	4.553	9.106	9.106	16.391	16.391	9.122	19.122	19.122
REMUNERACIONES	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082	1.082
INSUMOS	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
TOTAL, EGRESOS	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144	-1.144
SALDO	1.133	3.420	5.697	5.697	5.697	10.250	10.250	17.534	17.534	20.266	20.266	20.266
SALDO ACUMULADO	1.133	4.553	10.250	15.946	21.643	31.893	42.142	59.677	77.211	97.478	117.744	138.010

Fuente: Elaboración propia.

Con base en el cálculo de inversión mediante el método de déficit acumulado, se ha evidenciado que en ningún momento el saldo acumulado presentó valores negativos. Esto indica que no es necesario recurrir a capital adicional de trabajo, ya que Promet, al ser una empresa en funcionamiento, ya cuenta con los recursos suficientes para cubrir sus necesidades operativas y de inversión a lo largo del período proyectado. Este resultado refleja una situación financiera estable y una gestión adecuada de los flujos de caja, lo cual reduce el riesgo de requerir financiamiento externo para la implementación de mejoras o cambios estructurales.

3.10 COSTOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Para la implementación de la metodología Lean en la empresa, se generarán ciertos gastos iniciales que son necesarios únicamente durante la fase de puesta en marcha. Estos incluyen costos asociados a obras menores, como es la mejora del piso y la mejora de la red de internet en todos los puestos de trabajo, así como gastos en capacitación del personal para garantizar la correcta adopción de las prácticas Lean. Dichos costos son considerados una inversión única, ya que, una vez implementada la metodología, los beneficios continuos como la optimización de procesos y la reducción de desperdicios deberían generar un retorno de la inversión y disminuir la necesidad de futuros gastos significativos en este sentido (Ver tabla 3.22)

Tabla 3.22 Costos de instalación y puesta en marcha

PUESTA EN MARCHA	CAN	VALOR (UN)	TOTAL (CLP)	UF
OBRAS MENORES DE MEJORA DE LINEAS (PISO/ INTERNET)	1	\$50.486.257	\$50.486.257	1.320
ASESORIA DE IMPLEMENTACIÓN METODOLOGIA	5	\$3.000.000	\$15.000.000	392
TALLERES GENERALES "IMPORTANCIA LEAN EN EL PROCESO PRODUCTIVO"	10	\$1.500.000	\$15.000.000	392
TOTAL			\$80.486.257	2.104

Fuente: Elaboración propia

3.11 COSTOS IMPREVISTOS

Según un estudio denominado “*Contingency Budgeting in Project Management*”, realizado por Courtney Patterson, indica que en la implementación de proyectos Lean, es común recomendar asignar un porcentaje de entre el 5% y el 10% del presupuesto total como fondo para imprevistos.

Esta práctica se basa en la necesidad de cubrir gastos inesperados que puedan surgir durante la ejecución del proyecto, como problemas de suministro, cambios de diseño, imprevistos laborales, o fluctuaciones en los costos de materiales y servicios

Los costos imprevistos son cruciales para garantizar que el proyecto pueda continuar sin interrupciones, incluso si surgen dificultades no anticipadas. Este porcentaje se ajusta según la complejidad y el nivel de incertidumbre del proyecto, siendo especialmente importante en proyectos de alta complejidad y en contextos donde los riesgos son mayores.

Para Promet se considerará un 10% de costos imprevistos.

3.12 TABLA RESUMEN DE INVERSIÓN INICIAL

En conclusión, el análisis detallado de los costos ha permitido estructurar la inversión en tres categorías principales:

- Activos, que incluyen la adquisición de equipos y software necesarios para la operación;
- Puesta en marcha, que comprende inversiones asociadas a obras menores, asesorías especializadas y talleres de capacitación; y
- Imprevistos o contingencias, destinadas a cubrir posibles variaciones, como ajustes de diseño, fluctuaciones económicas o mejoras adicionales.

Esta estructura asegura un enfoque integral y controlado para la ejecución del proyecto.

Tabla 3.23 Resumen inversión inicial

ITEM	CLP	UF
ACTIVOS	\$73.991.908	1.935
PUESTA EN MARCHA	\$80.486.257	2.104
CAPITAL DE TRABAJO	-	0
IMPREVISTOS	\$15.447.817	404
TOTAL, INVERSIÓN	\$169.925.982	4.443

Fuente: Elaboración propia

**CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD ADMINISTRATIVA, LEGAL,
SOCIETARIA, TRIBUTARIA, FINANCIERA Y AMBIENTAL**

4. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD ADMINISTRATIVA, LEGAL, SOCIETARIA, TRIBUTARIA, FINANCIERA Y AMBIENTAL

4.1 ADMINISTRATIVA

La implementación de Lean en Promet debe considerar estos aspectos para asegurar no solo la mejora de procesos, sino también la integración de los empleados en una cultura de mejora continua. A través de una correcta capacitación, el uso adecuado de herramientas de control y un fuerte enfoque en la cultura organizacional, se pueden obtener beneficios significativos tanto en eficiencia operativa como en la satisfacción de los empleados.

En base a esto se propone lo siguiente.

4.1.1. Recursos Humanos

4.1.1.1. Capacitación

Desarrollar habilidades en herramientas Lean, como 5S, Kaizen, Mapeo de la Cadena de Valor, Kanban. El plan de formación debe incluir tanto teoría como práctica. Por ejemplo:

- Introducción a Lean: Principios, historia y ventajas.
- Herramientas Lean: Aplicación práctica de 5S, Kaizen, y mejora de procesos.
- Gestión de cambios: Manejo de resistencia y cómo involucrar a todos los niveles en la mejora continua.

El plan de capacitación debe adaptarse a las necesidades de la empresa y ser progresivo:

- Fase 1: Capacitación básica para todos los empleados (1-2 semanas).
- Fase 2: Entrenamiento especializado para líderes y equipos de mejora continua (1 mes).
- Fase 3: Seguimiento y entrenamiento continuo (programas trimestrales).

4.1.1.2. Roles y Responsabilidades

Redefinir y asignar roles específicos basados en el enfoque Lean. Por ejemplo, se pueden crear roles de líderes de equipo Lean, responsables de implementar y supervisar la metodología en sus áreas.

Integrar un responsable de la mejora continua, que coordine las iniciativas Lean, recopile datos de desempeño y fomente la colaboración entre departamentos.

4.1.1.3. Gestión del Cambio:

Estrategia de comunicación para desarrollar canales para comunicar los beneficios de Lean a todos los niveles de la organización. Es esencial que el mensaje sea claro y constante. Reducción de la resistencia, para ello organizar reuniones de retroalimentación, grupos de discusión y sesiones de preguntas y respuestas para escuchar las preocupaciones de los

empleados. Involucrar a líderes clave, utilizar líderes de alto rango para dar el ejemplo y asegurar el compromiso con la metodología.

4.1.2. Sistemas de Control

4.1.2.1. Indicadores de Desempeño (KPIs):

Establecer KPIs alineados con los objetivos Lean, que permitan medir la eficiencia y efectividad de los cambios implementados.

4.1.2.2. Sistemas de Monitoreo y Seguimiento:

Implementar software de monitoreo en tiempo real, como ERP PARCE SUITE, para hacer un seguimiento continuo de los procesos y facilitar la toma de decisiones. Este tipo de software permite obtener datos en tiempo real sobre producción, inventarios y calidad.

Además, Dashboard de KPIs, Creando un panel visual donde se pueda monitorear el estado de los KPIs y tomar decisiones rápidas sobre la producción.

4.1.2.3. Gestión del Kanban

Desarrollar un sistema de inventario basado en la demanda real para reducir inventarios innecesarios. Definir los niveles mínimos de inventario y plazos de reposición eficientes, para evitar tanto el exceso como la falta de materiales.

4.1.3. Cultura Organizacional

4.1.3.1. Sensibilización y Alineación Cultural

Realizar campañas de sensibilización que expliquen los beneficios del enfoque Lean, destacando ejemplos de éxito. Además, Organizar seminarios o charlas con expertos en Lean, para que los empleados se sientan motivados e involucrados.

4.1.3.2. Participación y Compromiso del Personal

Fomentar incentivos y recompensas para los empleados que lideren iniciativas de mejora continua. Se pueden ofrecer premios, reconocimientos públicos o incluso participación en proyectos especiales. Junto con crear un comité de mejora continua compuesto por representantes de cada área que supervisen las iniciativas Lean y ofrezcan sugerencias para su implementación.

4.1.3.3. Evaluación y Mejora Continua

Realizar encuestas periódicas sobre el clima organizacional para evaluar el impacto de la metodología Lean y recoger sugerencias. E implementar reuniones trimestrales de revisión de

objetivos Lean, para asegurarse de que se están alcanzando las metas y hacer ajustes si es necesario.

4.2 LEGAL

El cumplimiento legal es esencial para el éxito de la optimización de procesos productivos en Promet. A través de un enfoque riguroso en la seguridad laboral, el cumplimiento de las normativas de construcción, y un fuerte compromiso con la responsabilidad ambiental, Promet podrá garantizar la legalidad de sus operaciones y crear un entorno de trabajo seguro y sostenible. Esto no solo evitará posibles sanciones, sino que también fortalecerá la reputación de la empresa frente a clientes y autoridades regulatorias.

4.2.3. Cumplimiento de Normativas Laborales

4.2.3.1. Seguridad y Salud en el Trabajo

Asegurarse de que las modificaciones en los procesos de producción sean compatibles con la Ley N° 16.744, que regula las prestaciones de seguridad social en caso de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.

Para ello se deben realizar evaluaciones de riesgos en cada área de producción donde se implementarán los nuevos procesos Lean. Esto incluye la identificación de posibles riesgos asociados con la maquinaria, el manejo de materiales, y la ergonomía.

Implementar programas de prevención de riesgos laborales y asegurarse de que todos los trabajadores cuenten con el equipo de protección necesario. Y promover auditorías periódicas de seguridad, tanto internas como externas, para verificar el cumplimiento de las normativas y para identificar oportunidades de mejora en los protocolos de seguridad.

4.2.3.2. Jornadas y Condiciones Laborales

Es crucial asegurarse de que la implementación de Lean no incremente excesivamente la carga laboral, ni haga que los trabajadores superen las jornadas laborales establecidas por el Código del Trabajo (artículos relacionados con las jornadas, horas extras, descansos, y feriados). Con ello se debe monitorear los tiempos de trabajo y descanso para evitar jornadas excesivas. Implementar la planificación adecuada de turnos y la optimización de los procesos para garantizar que los empleados no trabajen más allá de lo permitido legalmente. Evaluar la distribución de las cargas laborales para equilibrar de manera justa el trabajo entre los empleados y evitar sobrecargas.

4.2.3.3. Capacitación Obligatoria

Revisar las capacitaciones que son obligatorias según la legislación chilena para evitar sanciones. El Código del Trabajo y la Ley 20.123 (que regula las capacitaciones) deben cumplirse

rigurosamente. Asegurarse de que todos los trabajadores sean capacitados en prevención de riesgos laborales y en el manejo de nuevas herramientas o tecnologías que se introduzcan con la implementación de Lean.

Establecer un programa de capacitaciones anuales obligatorias y garantizar que los registros de estas estén al día para cumplir con las normativas laborales.

4.2.4. Regulación de Construcción Modular

4.2.4.1. Cumplimiento de Normativas Técnicas (NCh)

La NCh 3356 regula las construcciones modulares en Chile. Es necesario evaluar cómo los procesos productivos en Promet cumplen con estos requisitos, que abarcan desde la fabricación de los módulos hasta su instalación. Para ello se debe realizar una revisión exhaustiva de la NCh 3356, asegurándose de que se cumplen con todas las normas de diseño, fabricación y seguridad de los módulos.

Hay que asegurar que los materiales utilizados y los métodos de construcción estén alineados con los requisitos de calidad y seguridad que establece la normativa.

4.2.4.2. Permisos y Certificaciones

Promet debe asegurarse de obtener los permisos necesarios para operar en el ámbito de la construcción modular, tales como permisos de obra, permisos ambientales, entre otros.

Para ello debe elaborar un listado de permisos y los organismos responsables de su emisión, tales como la Municipalidad local, la Seremi de Salud o el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Y crear un calendario de renovación de permisos, para evitar que caduquen durante los procesos productivos.

4.2.4.3. Actualización Normativa

Es fundamental mantener una vigilancia constante sobre los cambios en las normativas técnicas y de construcción que puedan afectar las operaciones de Promet. Se debe establecer un equipo responsable de monitorear las actualizaciones normativas y que esté en contacto directo con organismos gubernamentales o asociaciones del sector.

4.3 SOCIETARIA

La flexibilidad en la estructura permitirá la entrada de capital externo, si es necesario, mientras que un gobierno corporativo comprometido y enfocado en la ética asegurará la sostenibilidad y la alineación del proyecto Lean con los objetivos estratégicos de la empresa. Este enfoque fortalecerá tanto la viabilidad del proyecto como la cultura organizacional, permitiendo un ambiente adecuado para la mejora continua.

4.3.1. Estructura Societaria

4.3.1.1. Evaluación de la Actual Sociedad

Es esencial revisar si la estructura jurídica actual de Promet, la cual consta de ser una sociedad por acciones. Siendo esta la adecuada para los cambios y flexibilidad que requiere la metodología Lean. En muchos casos, la estructura influye en la capacidad de la empresa para acceder a capital externo y adaptarse rápidamente a cambios organizacionales.

Por ello se debe realizar una evaluación legal y estratégica con la asesoría de un abogado corporativo, determinando si es necesario ajustar la estructura actual. Además de evaluar si la estructura actual permite agilidad en la toma de decisiones, ya que una estructura rígida podría obstaculizar la rápida implementación de Lean.

4.3.1.2. Flexibilidad para Inversores

Si el proyecto Lean requiere financiamiento adicional, es importante que la estructura permita la incorporación de nuevos socios o inversores, ya sea mediante acciones o participaciones. Considerar modificar la sociedad para permitir la entrada de capital externo en caso de que la estructura actual no sea adecuada para esto. Esto podría incluir la creación de acciones preferentes o acciones sin derecho a voto para captar inversión sin afectar la toma de decisiones de los socios originales.

4.3.1.3. Responsabilidad Legal y Cumplimiento Normativo

Asegurarse de que la estructura societaria cumple con todas las leyes vigentes, especialmente con respecto a la responsabilidad penal de las personas jurídicas (Ley N° 20.393), ya que Lean implica cambios operativos que pueden incluir riesgos. Por ello se propone implementar políticas de gobierno corporativo y cumplimiento, como un código de conducta o procedimientos internos que se alineen con la Ley N° 20.393. Esta política debe incluir auditorías periódicas y un sistema de reportes para detectar posibles infracciones legales.

4.3.2. Gobierno Corporativo

4.3.2.2. Compromiso del Directorio

Para que Lean tenga éxito, el directorio debe estar completamente alineado con los objetivos del proyecto, entendiendo cómo estos cambios impactarán la empresa y sus beneficios a largo plazo. Por ello se proponen sesiones de capacitación en Lean para los miembros del directorio, lo cual permitirá que comprendan sus principios y se comprometan con su implementación. Además de incluir en los objetivos estratégicos del directorio el seguimiento de la implementación de Lean, con reportes periódicos que permitan alinear los avances con las expectativas.

4.3.2.3. Evaluación de Prácticas Éticas y de Cumplimiento

Es importante que las prácticas corporativas estén alineadas con los principios éticos y de cumplimiento normativo, especialmente con respecto a la Ley N° 20.393. Esto es clave para evitar sanciones y garantizar que las operaciones sean transparentes y éticas. Por ello se deben realizar auditorías periódicas que evalúen el cumplimiento de prácticas éticas en todas las operaciones relacionadas con Lean. Además de fortalecer el programa de compliance que se adhiera a los requisitos legales y fomente una cultura ética en la organización. Esto incluye políticas de reporte interno y mecanismos de sanción en caso de incumplimientos.

4.4 TRIBUTARIA

El análisis tributario identifica incentivos fiscales estratégicos, como la depreciación acelerada, créditos de IVA e impuestos de primera categoría (27%) y potenciales beneficios en I+D. Este enfoque no solo reduce la carga tributaria en el corto y mediano plazo, sino que optimiza la liquidez y permite reinvertir ahorros fiscales en el propio proyecto, mejorando la viabilidad económica de la metodología Lean.

4.4.1. Incentivos Fiscales a la Inversión

4.4.1.1. Evaluación de Proyectos de I+D

Determinar si las actividades de capacitación, cambios en los procesos y adquisición de tecnología para la implementación de Lean pueden ser clasificadas como Investigación y Desarrollo (I+D), lo cual permitiría acceder a beneficios fiscales. Para ello se realiza un análisis detallado de las actividades Lean, documentando objetivos y métodos, para verificar si cumplen con los requisitos de I+D según la normativa del Servicio de Impuestos Internos (SII). Además, Consultar con un asesor tributario para evaluar la presentación de estas actividades al SII y obtener una calificación preliminar de su elegibilidad para deducciones fiscales.

4.4.1.2. Beneficios para la Adquisición de Tecnología

Investigar los beneficios tributarios disponibles para la adquisición de tecnología y maquinaria que facilite la implementación de Lean, como deducciones o exenciones fiscales específicas. Detallando en el presupuesto los equipos y tecnología planeados para la adquisición, evaluando su impacto fiscal. Y asegurarse de que los bienes cumplan con los requisitos establecidos por el SII para aprovechar las deducciones fiscales en adquisiciones que mejoren la productividad.

4.4.1.3. Cumplimiento de Requisitos del SII

Identificar y asegurar el cumplimiento de los requisitos de documentación y reportes exigidos por el SII para obtener estos incentivos fiscales. Implementar un sistema de registro y archivo de

la documentación relacionada con las compras y actividades que potencialmente califican para beneficios fiscales. Además de asegurarse de que los documentos se actualicen y mantengan conforme a las regulaciones para facilitar auditorías y revisiones del SII.

4.4.2. Depreciación Acelerada

4.4.2.1. Proyección de Depreciación

Aplicar el método de depreciación acelerada a los nuevos activos (maquinaria y equipos) adquiridos para la implementación de Lean, reduciendo la carga tributaria en el corto plazo. Calcular la vida útil de los activos de acuerdo con la normativa del SII y proyectar el impacto de la depreciación acelerada en los impuestos de los próximos años. Y evaluar el beneficio financiero de la depreciación acelerada y considerar su impacto en el flujo de caja, documentando los ahorros fiscales anuales.

4.4.2.2. Impacto Fiscal:

Calcular el ahorro fiscal anual que se generará mediante la depreciación acelerada, lo cual podría incrementar la disponibilidad de recursos para reinversión en el proyecto Lean. Y documentar este impacto fiscal y presentarlo como un beneficio adicional en el análisis financiero del proyecto, facilitando la toma de decisiones por parte del directorio.

4.4.3. Impacto del IVA

4.4.3.1. Análisis de Crédito Fiscal:

Evaluar la posibilidad de utilizar el IVA pagado en la adquisición de equipos y materiales como crédito fiscal, reduciendo así el IVA a pagar. Documentar y registrar todas las adquisiciones relacionadas con el proyecto Lean de manera que el IVA pagado pueda ser aprovechado como crédito fiscal.

4.4.3.2. Política de Devolución del IVA:

Analizar la posibilidad de solicitar devolución del IVA en caso de exportaciones o compras de insumos que califiquen para la devolución, lo cual podría mejorar la liquidez de la empresa. Identificar los productos e insumos específicos que se utilizarán en el proyecto Lean y que podrían calificar para devolución del IVA en caso de cumplir con la normativa de exportación.

4.5 FINANCIERA

El análisis financiero permite planificar cuidadosamente los costos iniciales, proyectar el retorno de la inversión y asegurar la liquidez durante la ejecución del proyecto. Con una

estructura de financiamiento sólida, Promet podrá maximizar los beneficios de Lean, optimizando tanto sus recursos financieros como su capacidad de respuesta ante posibles imprevistos.

4.5.1. Análisis de Alternativas

Comparar diferentes proveedores de servicios y tecnología para reducir costos de implementación sin sacrificar calidad. Realizar un proceso de licitación para obtener ofertas competitivas y asegurar la mejor relación costo-beneficio para la tecnología y servicios de capacitación necesarios.

4.5.2. Financiamiento de Costos

Evaluar las opciones de financiamiento, incluyendo capital propio, préstamos bancarios o la incorporación de inversionistas externos, para cubrir los costos de implementación. Analizar el impacto en la liquidez de la empresa al optar por cada opción de financiamiento, priorizando aquellas que mantengan el flujo de caja estable.

Preparar un plan de financiamiento detallado para presentar a posibles inversionistas o entidades financieras, destacando el potencial retorno de la inversión del proyecto Lean.

Para temas de estudio, se considerará la propuesta de crédito comercial con tasa fija en UF, del banco BCI con una tasa del 5,5% anual, todo esto en base al perfil que presenta la empresa.

4.6 AMBIENTAL

El análisis ambiental permite enfocar los esfuerzos en reducir los residuos y emisiones, cumpliendo con la normativa ambiental y mejorando la sostenibilidad de la empresa. Con un plan de manejo ambiental robusto y un sistema de monitoreo continuo, Promet podrá maximizar la eficiencia de los recursos, reducir su impacto ambiental y promover una cultura de mejora continua y responsabilidad ambiental en todos los niveles de la organización.

La implementación de la metodología Lean fortalece este enfoque al eliminar desperdicios, optimizar el consumo energético y fomentar el uso sostenible de materiales. Estas acciones no solo contribuyen a minimizar la huella de carbono y preservar los recursos naturales, sino que también posicionan a Promet como un referente en prácticas sostenibles dentro del sector de la construcción modular. Al integrar herramientas como el mapeo de flujo de valor y el sistema Kanban, la empresa no solo mejora sus procesos internos, sino que también refuerza su compromiso con la sostenibilidad, generando beneficios ambientales, económicos y sociales a largo plazo.

4.6.1. Cumplimiento Ambiental

4.6.1.1. Residuos y Emisiones

Analizar los tipos de residuos y emisiones que generarán las actividades de producción de la construcción modular (residuos de materiales, desechos de maquinaria, etc.). Realizar un plan de manejo de residuos que contemple la clasificación y disposición adecuada de residuos peligrosos y no peligrosos. Y evaluar las emisiones generadas por la producción (gases o partículas contaminantes) y establecer métodos para mitigar su impacto ambiental.

4.6.1.2. Plan de Manejo Ambiental

Desarrollar un Plan de Manejo Ambiental que contemple estrategias de reciclaje, reutilización de materiales, y reducción de desperdicios. Para ellos es necesario potenciar el sistema de reciclaje dentro de la planta de producción, que permita separar materiales como metales, plásticos, y madera para su posterior reutilización.

Además de buscar asociaciones con empresas de reciclaje para deshacerse de materiales que no puedan ser reutilizados dentro de la planta.

4.6.1.3. Monitoreo y Reporte

Potenciar el sistema de monitoreo para medir la huella ambiental y asegurar el cumplimiento de las regulaciones locales. Para ello será necesario actualizar las tecnologías como sensores de emisiones de gases o sistemas de monitoreo de calidad del aire para evaluar el impacto de la producción. De esta forma poder reportar de manera transparente a las autoridades ambientales, según lo exigen las normativas, y utilizar estos informes como base para la mejora continua del proceso productivo.

4.6.2. Impacto ambiental y beneficios sostenibles

La metodología Lean, ampliamente reconocida por su capacidad para optimizar procesos productivos y eliminar desperdicios, también representa una herramienta clave para promover la sostenibilidad ambiental en las organizaciones. Al enfocarse en maximizar el valor generado para el cliente y minimizar actividades que no aportan valor, Lean contribuye a reducir significativamente el uso de recursos naturales, la generación de residuos y el consumo energético. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también permite a las empresas alinear sus prácticas con los principios de sostenibilidad, favoreciendo el cumplimiento normativo y mejorando su reputación ambiental.

Además de su impacto directo en la reducción de desperdicios, Lean fomenta una cultura organizacional orientada a la mejora continua y al uso responsable de los recursos. La

implementación de herramientas como el mapeo de flujo de valor (VSM) y el sistema Kanban no solo optimiza los procesos internos, sino que también minimiza la huella de carbono de las operaciones. Estos beneficios sostenibles refuerzan la capacidad de las empresas para enfrentar los desafíos ambientales actuales, al tiempo que generan valor económico y social a largo plazo

4.6.2.1. Monitoreo y Reporte

La metodología Lean aborda directamente la generación de residuos al eliminar actividades que no agregan valor en los procesos productivos. Esto incluye la reducción de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, lo que contribuye a disminuir la contaminación ambiental. En términos de sostenibilidad, esta práctica no solo reduce la necesidad de tratamiento y disposición de residuos, sino que también promueve un uso más eficiente de los recursos naturales, alineándose con los principios de la economía circular. Este enfoque permite a las organizaciones optimizar sus operaciones mientras minimizan su impacto ambiental, mejorando su cumplimiento con regulaciones ambientales.

4.6.2.2. Optimización del Consumo Energético

El enfoque Lean, al eliminar tiempos de espera y mejorar la eficiencia de los procesos, reduce significativamente el consumo energético de las operaciones. Esto tiene un impacto ambiental directo al disminuir la huella de carbono asociada a la producción. Desde una perspectiva sostenible, esta reducción en el consumo energético no solo contribuye a mitigar el cambio climático, sino que también genera ahorros operativos a largo plazo. Las empresas que adoptan estas prácticas pueden reinvertir los recursos ahorrados en tecnologías más limpias y en la transición hacia fuentes de energía renovable.

4.6.2.3. Uso Sostenible de Materiales

La implementación de sistemas como Kanban y el mapeo del flujo de valor (VSM) asegura que los materiales se utilicen de manera eficiente, evitando acumulaciones innecesarias y reduciendo la obsolescencia. Este enfoque disminuye la extracción y explotación de recursos naturales, contribuyendo a la conservación del medio ambiente. En el ámbito de la sostenibilidad, esta práctica fomenta una cadena de suministro más responsable y un menor desperdicio de recursos, lo que se traduce en una mayor competitividad para la empresa y una menor dependencia de materias primas.

4.6.2.4. Promoción de una Cultura Verde

Lean no solo optimiza procesos, sino que también impulsa una cultura organizacional comprometida con el medio ambiente. Al involucrar a todos los niveles de la organización en prácticas sostenibles, fomenta comportamientos responsables que van más allá del lugar de trabajo. Este impacto ambiental positivo se refleja en una mayor conciencia colectiva sobre el uso eficiente de recursos y la reducción de emisiones. A largo plazo, esta cultura verde fortalece

el compromiso de la empresa con la sostenibilidad, mejorando su reputación corporativa y su capacidad para adaptarse a normativas ambientales más estrictas.

4.7 GESTIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS

La implementación de un plan de mitigación de riesgos es esencial para garantizar el éxito de cualquier proyecto de optimización, especialmente cuando se trata de la adopción de metodologías como Lean. Este plan permite identificar, evaluar y abordar los posibles desafíos asociados con la inversión inicial, los retrasos en la implementación y otros factores que podrían comprometer los resultados esperados.

En el caso de Promet, un enfoque estructurado y técnico asegurará que los riesgos sean gestionados de manera efectiva, minimizando su impacto y maximizando las oportunidades de éxito.

A continuación, se presentan estrategias clave, desglosadas en acciones específicas, para abordar los riesgos más relevantes del proyecto.

4.7.1. Gestión financiera para mitigar riesgos de inversión Inicial

La inversión inicial es uno de los principales desafíos en la implementación de la metodología Lean. Para garantizar su viabilidad y minimizar los riesgos financieros, se plantean las siguientes acciones:

- Diversificación de fuentes de financiamiento: Buscar financiamiento externo a través de instituciones financieras con tasas preferenciales y explorar programas gubernamentales de apoyo a la innovación y sostenibilidad.
- Negociación con proveedores estratégicos: Establecer acuerdos para obtener condiciones de pago más flexibles, como plazos extendidos o descuentos por volúmenes de compra.
- Creación de un fondo de contingencia: Asignar un porcentaje del presupuesto total del proyecto (al menos un 10%) para cubrir imprevistos relacionados con costos adicionales o retrasos.

4.7.2. Gestión de cronogramas para reducir retrasos en la implementación

Los retrasos en la ejecución pueden comprometer la efectividad del proyecto. Para mitigarlos, se proponen las siguientes acciones:

- Desarrollo de un cronograma detallado: Dividir el proyecto en fases con hitos específicos y asignar responsables para cada actividad clave.
- Seguimiento constante del progreso: Utilizar herramientas de software de gestión de proyectos para monitorear avances en tiempo real y detectar desviaciones.

- Planes de contingencia para cuellos de botella: Identificar previamente las áreas críticas en los procesos y diseñar estrategias alternativas para mantener la continuidad operativa.

4.7.3. Capacitación y gestión del cambio organizacional

La resistencia al cambio y la falta de capacitación pueden generar obstáculos significativos durante la implementación. Las siguientes acciones buscan garantizar la adaptación efectiva del equipo:

- Diseño de programas de formación especializados: Capacitar a los empleados en los principios de Lean y en el uso de herramientas específicas como el mapeo de flujo de valor (VSM) y Kanban.
- Talleres de sensibilización y comunicación: Promover el entendimiento del proyecto entre los colaboradores, destacando los beneficios individuales y organizacionales.
- Involucramiento activo del personal: Crear equipos multifuncionales para liderar iniciativas de mejora, fomentando la participación y el compromiso en todos los niveles.

4.7.4. Implementación de sistemas de monitoreo y evaluación

El monitoreo continuo es crucial para identificar problemas a tiempo y garantizar el cumplimiento de los objetivos. Las acciones propuestas incluyen:

- Uso de indicadores clave de desempeño (KPI): Establecer métricas como el OEE (eficiencia general de los equipos), la reducción de tiempos improductivos y el nivel de satisfacción del cliente.
- Auditorías regulares: Programar revisiones periódicas para evaluar el avance del proyecto y realizar ajustes necesarios.
- Adopción de tecnología avanzada: Implementar herramientas de software como Parse Suite para registrar y analizar datos operativos en tiempo real, mejorando la toma de decisiones.

4.7.5. Gestión integral de proveedores y cadena de suministro

Una cadena de suministro eficiente es fundamental para evitar interrupciones durante la implementación. Se plantean las siguientes acciones:

- Evaluación y selección de proveedores confiables: Asegurar que los proveedores cumplan con los tiempos de entrega y estándares de calidad requeridos.
- Acuerdos de suministro flexibles: Negociar contratos que permitan adaptarse a cambios en la demanda o retrasos imprevistos.
- Monitoreo de inventarios: Implementar sistemas como Kanban para mantener un nivel óptimo de materiales sin incurrir en excesos o desabastecimientos.

CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica constituye un elemento esencial para establecer la viabilidad del proyecto. En este capítulo se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los factores económicos que influyen en su desarrollo. A través del empleo de indicadores financieros clave, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), se evaluará la rentabilidad del proyecto. Este análisis permitirá fundamentar una decisión informada sobre la implementación del proyecto dentro del horizonte temporal definido.

5.1. CONSIDERACIONES

En el análisis económico, es fundamental considerar aspectos clave como el horizonte temporal, que delimita el periodo de evaluación; la tasa de descuento, que refleja el costo de oportunidad y riesgo del proyecto; y la moneda, que asegura coherencia en la comparación de valores.

Además, factores como los impuestos y la depreciación permiten ajustar el análisis a las normativas fiscales y calcular costos reales. La reinversión, el análisis de riesgo, y el financiamiento, con sus respectivas tablas de amortización (50% y 75% de crédito), junto con los ingresos y egresos proyectados, garantizan una evaluación completa, precisa y fundamentada de la viabilidad económica del proyecto.

5.1.1. Horizonte

El horizonte temporal desempeña un papel fundamental en la gestión efectiva del proyecto, ya que proporciona un marco definido para la planificación, monitoreo y ajuste de las estrategias a lo largo de su implementación. En el caso del análisis para la aplicación de la metodología Lean orientada a la optimización de procesos productivos, se ha establecido un horizonte de 4 años.

Un horizonte de proyecto de 4 años para la implementación de la metodología Lean en la optimización de procesos productivos es ideal, ya que permite abordar las diferentes fases del proyecto de manera estructurada y sostenible. Este período ofrece tiempo suficiente para diagnosticar la situación actual, implementar mejoras, medir resultados y consolidar la cultura de mejora continua en la organización.

En el primer año, se realizan diagnósticos detallados, capacitaciones y la implementación inicial de herramientas Lean, lo que establece las bases para el cambio. En los años siguientes, se desarrollan iteraciones de mejoras, optimizando procesos clave, eliminando desperdicios y ajustando las estrategias según los resultados obtenidos. Además, se requiere tiempo para

consolidar la aceptación de los cambios entre los colaboradores, transformar la cultura organizacional y garantizar que las mejoras sean sostenibles a largo plazo.

El horizonte de 4 años también permite evaluar el impacto financiero y operativo de las inversiones realizadas, maximizando el retorno de inversión. Este período asegura que la implementación Lean no sea vista como un cambio puntual, sino como un proceso integral y continuo que se adapta a las necesidades dinámicas del mercado y de la empresa. De esta manera, se logra una transformación profunda y sostenible que maximiza la competitividad y la eficiencia operativa.

Este periodo permite medir el impacto de las mejoras implementadas y evaluar la sostenibilidad y viabilidad de extender su aplicación por un plazo adicional bajo criterios previamente establecidos

5.1.2. Tasa de descuento

La tasa de descuento es un elemento clave en el análisis de flujos de caja, ya que permite calcular el valor presente de los flujos de efectivo futuros. Esta tasa incorpora dos factores fundamentales: el valor del dinero en el tiempo y el riesgo asociado con los flujos proyectados, proporcionando una medida adecuada para evaluar la viabilidad financiera de un proyecto.

En este caso, la tasa de descuento se determinó en función del análisis de riesgo descrito en el punto 5.1.7, estableciéndose en un 11%. Este valor refleja tanto las condiciones del mercado como el nivel de riesgo inherente al proyecto.

5.1.3. Moneda

La moneda seleccionada para el análisis será la Unidad de Fomento (UF), valor de referencia ampliamente utilizado en Chile por su ajuste a la inflación. Hasta noviembre de 2024, el valor de la UF se encuentra en \$38.247,92. CLP, lo que garantiza una representación más precisa y estable de los costos e ingresos proyectados, minimizando los efectos de la variación inflacionaria en el análisis económico.

5.1.4. Impuestos

El impuesto a la renta corresponde a la obligación fiscal que recae sobre personas y empresas respecto a las rentas o ingresos percibidos durante un período fiscal, que generalmente es anual.

Para el año 2024, según lo establecido por el Servicio de Impuestos Internos (SII) de Chile, este impuesto se aplica con una tasa del 27% para empresas sujetas al régimen de renta atribuida o parcialmente integrado. Este porcentaje refleja el impuesto corporativo que forma parte del sistema tributario chileno (ver figura 5.1.)

Año Tributario	Año Comercial	Tasa	Circular SII
2002	2001	15%	N° 44, 24.09.1993
2003	2002	16%	N° 95, 20.12.2001
2004	2003	16,5%	N° 95, 20.12.2001
2005 al 2011	2004 al 2010	17%	N° 95, 20.12.2001
2012 al 2014	2011 al 2013	20%	N° 63 30.09.2010, N° 48 19.10.2012
2015	2014	21%	N° 52, 10.10.2014
2016	2015	22,5%	N° 52, 10.10.2014
2017	2016	24%	N° 52, 10.10.2014
2018 y sgtes.	2017 y sgtes.	25%	N° 52, 10.10.2014
2018	2017	25,5%	N° 52, 10.10.2014
2019 y sgtes.	2018 y sgtes.	27%	N° 52, 10.10.2014

Fuente: Servicio impuesto interno.

Figura 5.1 Impuesto primera categoría

5.1.5. Depreciación

La depreciación es un concepto contable que refleja la pérdida de valor de los activos fijos debido al uso, desgaste o antigüedad, distribuyendo su costo a lo largo de su vida útil.

En ese contexto, la depreciación acelerada resulta especialmente conveniente porque no solo optimiza el flujo de caja al reducir los impuestos en los primeros años, sino que también refleja de manera más precisa el uso intensivo y el desgaste inicial de los activos, típico en proyectos productivos que requieren alta exigencia operativa. Además, fomenta la renovación tecnológica al incentivar la sustitución de equipos al término de su vida útil acelerada, promoviendo la mejora continua, un principio clave en la metodología Lean. Esto permite tomar decisiones más estratégicas, garantizando que la rentabilidad del proyecto sea sostenible y alineada con los objetivos de eficiencia y competitividad.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Costo del activo}}{\text{Vida útil del activo}}$$

En Chile el Servicio de Impuestos Internos (SII) establece los años de depreciación acelerada para uniformar criterios en la aplicación de este método contable y asegurar que las empresas puedan acceder a este beneficio tributario de manera justa y regulada.

Para el estudio se consideró la información entregada por el SII “*Nueva tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado*” (Ver tabla 5.1)

Tabla 5.1 Depreciación acelerada de activos fijos

EQUIPOS	UF	VIDA UTIL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
KIT BATERIAS	33	2	16	16	-	-
CARROS KANBAN	34	2	17	17	-	-
ORGANIZADOR DE PARED	28	2	14	14	-	-
CAJAS ORGANIZADORAS	33	2	16	16	-	-
COMPUTADORES	120	2	60	60	-	-
PIZARRAS	19	2	9	9	-	-
IMAN FORMATO KANBAN	10	2	13	13	-	-
TOTAL	293	2	147	147	0	0

Fuente: Elaboración propia.

El Servicio de Impuestos Internos (SII) establece que los softwares no están sujetos a depreciación debido a que no se clasifican como activos fijos materiales, sino como activos intangibles. La depreciación, conforme a las normas tributarias, se aplica exclusivamente a bienes físicos que experimentan desgaste o pérdida de valor con el tiempo por su uso o antigüedad.

En este contexto, el software Parse Suite no califica para ser incluido en la depreciación acelerada aplicable a insumos y equipos, dado que su naturaleza intangible lo excluye de esta categoría.

5.1.6. Análisis de riesgo

El riesgo de un proyecto de inversión se define como la variabilidad o volatilidad de los flujos de caja reales respecto a los estimados. Una inversión se clasifica como de alto riesgo cuando se asocia con un mayor retorno esperado sobre los activos invertidos, mientras que se considera de bajo riesgo cuando los retornos proyectados son más bajos. Este análisis de riesgo ha ganado relevancia en los últimos años debido a la creciente incertidumbre e inestabilidad económica, que afectan directamente la predictibilidad de los resultados financieros, en donde

- **Beta (β):** Es un indicador que mide el riesgo sistemático o volatilidad de un activo o portafolio en relación con el mercado en general. La beta refleja la sensibilidad del rendimiento de un activo frente a las fluctuaciones del mercado, siendo un parámetro fundamental para evaluar el riesgo relativo. En este caso, se ha utilizado una beta de **0,96**, según los valores calculados por **Aswath Damodaran** correspondiente al sector de ingeniería y construcción.

- **Tasa libre de riesgo (R_f):** Se calculó considerando el rendimiento promedio del Bono del Banco Central de Chile (BCP) a 10 años entre 2014 y 2024, obteniendo un valor de **1,21%**. Esta tasa representa el rendimiento mínimo que un inversionista espera por una inversión libre de riesgos y sirve como base para el cálculo del costo de capital.
- **Retorno esperado (R_m):** Se calculó con base en la variación del Índice de Precios Selectivo de Acciones (IPSA) durante el período 2014 y 2024, según los datos proporcionados por la Bolsa de Santiago.

$$r_e = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

Finalmente, para determinar la tasa de descuento aplicable al proyecto, se utilizó la fórmula del Capital Asset Pricing Model (CAPM), que considera la tasa libre de riesgo. Dándonos un R (Tasa de riesgo o tasa de descuento) **4,26%**, para temas de estudio y debido a la volatilidad de los datos entregados se utilizar la fórmula de CAPM resumida.

Cuando no se dispone de información detallada o el análisis financiero es menos complejo, se utiliza una versión simplificada para calcular la tasa de descuento. Este método considera dos componentes básicos:

1. **Tasa libre de riesgo (R_f):** Representa el rendimiento de inversiones sin riesgo, como los bonos soberanos, y es el punto de referencia inicial para evaluar cualquier proyecto.
2. **Prima por riesgo (RP):** Refleja el rendimiento adicional esperado por asumir riesgos superiores a los de los activos libres de riesgo, capturando la percepción general del riesgo del mercado o sector.

Este enfoque es útil en evaluaciones preliminares o cuando los proyectos tienen un nivel de riesgo similar, eliminando la necesidad de considerar específicos. Además, es adecuado para proyectos pequeños o sectores con volatilidad controlada. (ver tabla 5.2)

Tabla 5.2 Prima de riesgo

Nivel de Riesgo	Prima por riesgo (%)	Ejemplo de Proyectos
Alto	Sobre 20%	Desarrollo de nuevos productos
		Proyectos que usan conceptos muy novedosos
		Contratos internacionales
Mediano	10%-20%	Proyectos algo fuera del giro de la empresa
		Procesos nuevos que no han sido completamente investigados
Promedio	5%-10%	Incrementos en las capacidades de producción
		Implementación de una nueva tecnología conocida
		Proyectos con información de mercado incompleta
Bajo	1%-5%	Mejoramiento de la productividad
		Expansiones en un mercado en donde es líder y lo conoce bien
Muy Bajo	0%-1%	Reducción de costos
		Proyectos relativos de seguridad

Fuente: Material clases evaluación de proyecto, Ricardo Cahe

La fórmula utilizada es:

$$\text{Tasa de descuento} = R_f + RP$$

Donde R_f : 1,21% (según los datos obtenidos del BCP)

RP : 10% (según tabla 5.2 Prima de riesgo)

Por ende, la tasa de descuento a utilizar será de un **11%**

5.1.7. Financiamiento

El proyecto, como se describe en el punto 1.2.6 Criterios de evaluación del capítulo 1, será evaluado bajo tres flujos de caja distintos. Uno de estos flujos no contempla financiamiento, mientras que los otros dos incluyen financiamiento a largo plazo en porcentajes de 50% y 75%, respectivamente, con una tasa de interés del 5,5% otorgada por el banco BCI. Estos escenarios permitirán analizar la viabilidad financiera del proyecto en diferentes condiciones de apalancamiento.

Con base en estos parámetros, se han elaborado las correspondientes tablas de amortización, que reflejan la distribución de los pagos de capital e intereses a lo largo del tiempo, ajustándose a los niveles de financiamiento definidos. Estas tablas permiten una evaluación precisa de la viabilidad financiera del proyecto en función de los diferentes porcentajes de apalancamiento.

No se evaluará proyecto en un 25% de financiamiento externo ya que esta opción limita la capacidad de apalancamiento financiero, lo que podría restringir la rentabilidad del proyecto. Según (Brealey, 2014) un financiamiento bajo reduce el retorno de inversión (ROI) al depender más de los recursos propios de la empresa, lo que limita la optimización de los recursos. Además, (Copeland, 2005) destacan que el financiamiento externo más alto permite aprovechar el apalancamiento, maximizando los beneficios sin comprometer excesivamente el capital propio.

Por lo tanto, un financiamiento externo del 50% o 75% resulta más adecuado para proyectos de gran escala, como la implementación de la metodología Lean, ya que permite una asignación más eficiente de los recursos y una evaluación más realista de los riesgos y beneficios del proyecto.

Según la teoría de la estructura de capital (Modigliani, 1958), el uso adecuado de deuda puede reducir el costo promedio ponderado de capital, lo que mejora la rentabilidad y el valor del proyecto. Esto asegura una evaluación más precisa y alineada con las mejores prácticas financieras.

5.1.8. Tabla de amortización

La tasa de amortización es un factor esencial en la gestión financiera de un proyecto, ya que determina cómo se distribuirán los pagos de la deuda a lo largo del tiempo. Esta tasa impacta directamente en la liquidez del proyecto, ya que una amortización más rápida reduce el saldo pendiente de deuda, pero aumenta los pagos periódicos, afectando el flujo de caja. Además, influye en el costo financiero total del proyecto, ya que amortizar más rápido implica menores intereses a pagar, lo que optimiza la rentabilidad.

También es fundamental para planificar los pagos futuros y para asegurar el cumplimiento de los requisitos financieros establecidos por los financiadores. Un balance adecuado de la tasa de amortización es clave para mitigar el riesgo financiero y garantizar la sostenibilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

5.1.9.1. Financiamiento con 50% de crédito

Un financiamiento con un 50% de crédito es crucial para un proyecto de optimización de procesos productivos, ya que reduce el riesgo financiero al no requerir que la empresa asuma la totalidad de la inversión inicial

Tabla 5.3 Datos Crédito con 50% financiamiento externo

INVERSIÓN INICIAL (UF)	4.443
CRÉDITO (UF)	2.221
INTERÉS	5,50%
PERIODO (AÑOS)	4

Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos anteriores se puede obtener la cuota e interés anual.

Tabla 5.4 Amortización con 50% de financiamiento externo

PERIODO	CAPITAL	INTERÉS	CUOTA	AMORTIZACIÓN
1	2.221,4	122,18	633,76	511,6
2	1.709,8	94,04	633,76	539,7
3	1.170,1	64,36	633,76	569,4
4	600,7	33,04	633,76	600,7

Fuente: Elaboración propia

5.1.9.2. Financiamiento con 75% de crédito

Un financiamiento con un 75% de crédito externo es altamente beneficioso, ya que permite reducir significativamente el desembolso de capital propio, minimizando el riesgo

financiero para la empresa. Al contar con una mayor proporción de crédito, la empresa puede mantener un flujo de caja saludable y destinar sus recursos propios a otras áreas estratégicas. Además, se obtiene a una tasa de interés competitiva, el costo total del financiamiento puede ser bajo, lo que maximiza el retorno de inversión.

Tabla 5.5 Datos Crédito con 75% financiamiento externo

INVERSIÓN INICIAL (UF)	4.443
CRÉDITO (UF)	3.332
INTERÉS	5,50%
PERIODO (AÑOS)	4

Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos anteriores se puede obtener la cuota e interés anual.

Tabla 5.6 Amortización con 75% de financiamiento externo

PERIODO	CAPITAL	INTERÉS	CUOTA	AMORTIZACIÓN
1	3.332,14	183,27	950,64	767,37
2	2.564,77	141,06	950,64	809,58
3	1.755,19	96,54	950,64	854,11
4	901,08	49,56	950,64	901,08

Fuente: Elaboración propia.

5.1.9. Ingresos y egresos

Los ingresos anuales del proyecto se generarán en función de la demanda proyectada (según lo explicado en el punto 2.2.3) y el precio optimizado en UF (detallado y calculado en el punto 3.2.5 de la estructura de costo). A partir de estos factores, se proyecta un aumento de ingresos durante los primeros años del proyecto: en el primer y segundo año se estima un incremento del 25%, seguido de un aumento del 30% en los años 3 y por último un 35% para el 4to año. Esta evolución de ingresos refleja una estimación conservadora que toma en cuenta tanto la demanda del mercado como los ajustes de precios en función de las condiciones económicas y competitivas. (Ver tabla 5.7 y 5.8)

Tabla 5.7 Porcentaje de variación aumento de demanda

AÑO	DEMANDA	% DE VARIACION
2025	278	25%
2026	304	25%
2027	395	30%
2028	497	35%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.8 Desglose de ingresos

AÑO	1	2	3	4
DEMANDA	278	304	395	497
PRECIO (UF)	455	455	455	455
INGRESOS	126.573	138.410	179.843	226.283

Fuente: Elaboración propia.

Los egresos del proyecto se dividen en costos fijos y costos variables. Los costos fijos incluyen gastos como los sueldos y la mantención del software, los cuales no dependen del volumen de producción ni de las ventas, permaneciendo constantes a lo largo del tiempo independientemente de la actividad operativa. Por otro lado, los costos variables comprenden los insumos necesarios para la operación, tales como materiales y recursos cuya magnitud depende directamente del nivel de actividad del proyecto.

El cálculo de los costos variables considera dos factores clave: el primero es el costo unitario, el cual se basa en la proyección realizada en el punto 3.6, *Determinación de Insumos y Productos*. En esta proyección, se incluyen todos los materiales necesarios para la operación, excepto la mantención del software, ya que este se clasifica como un costo fijo.

Tabla 5.9 Resumen de costos variables

INSUMOS	MENSUAL		ANUAL	
	CLP	UF	CLP	UF
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE ROJO	\$10.404	0,27	\$124.848	3,264
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE NEGRO	\$10.242	0,27	\$122.904	3,213
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE VERDE	\$10.476	0,27	\$125.712	3,287
MARCADOR DE PIZARRA DESECHABLE AZUL	\$10.476	0,27	\$125.712	3,287
NOTA ADHESIVA POST IT 5 COLORES	\$96.030	2,51	\$1.152.360	30,13
MARCADOR DE PISO CON FORMA DE FLECHA 5S	\$509.000	13,31	\$6.108.000	159,7
TOTAL	\$646.628	17	\$7.759.536	203

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.9 “*Resumen de costos variables*” se presenta un desglose de los costos variables asociados al proyecto, expresados tanto en pesos chilenos (CLP) como en unidades de fomento (UF), siendo el total anual de 203UF.

Este valor servirá como base para la proyección de los costos variables en los años posteriores.

Tabla 5.10 Resumen de costos variables para los próximos 4 años

AÑO	DEMANDA	COSTO UNITARIO (UF)	COSTO ANUAL EN UF
1	278	1,37	203
2	304	1,37	417
3	395	1,37	541
4	497	1,37	681

Fuente: Elaboración propia.

Este enfoque metodológico permite anticipar de manera técnica y fundamentada los egresos relacionados con los costos variables del proyecto, considerando las variaciones en la demanda y los efectos de la inflación en el horizonte temporal analizado.

En el análisis de los costos indirectos de fabricación (CIF) en la producción modular, es fundamental considerar aquellos costos indirectos variables que impactan directamente en el proceso de fabricación. A medida que la demanda de productos modulares aumenta, es esperado que los CIF también se incrementen, al menos durante la transición y madurez hacia una economía de escala, hasta alcanzar un nivel de optimización en el que los costos unitarios disminuyan.

Los CIF en este contexto incluyen una variedad de elementos necesarios para garantizar la seguridad, eficiencia y operatividad del proceso productivo, tales como la adquisición de equipos de protección personal, alimentación, transporte, retiro de bateas industriales, agua embotellada y otros insumos. Estos costos, aunque no se pueden asignar directamente a un producto específico, son esenciales para el funcionamiento general de la producción.

Según Horngren, Datar y Rajan (2012) en su obra *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*, (Horngren, 2012) “*Los CIF son los costos que no se pueden atribuir directamente a un producto específico, pero que son necesarios para la producción en general. Estos incluyen la supervisión de la producción, el mantenimiento de equipos, y otros costos generales de fabricación. Los CIF se distribuyen entre los productos fabricados, y cómo la demanda afecta estos costos. A medida que la demanda aumenta, la producción se incrementa, lo que puede aumentar los costos variables y, en algunos casos, los costos fijos si se requieren inversiones adicionales en infraestructura.*”

Es por lo que, para fines de estudio y evaluación, se espera que los costos aumenten en función del incremento de la demanda, tal como se indica en la Tabla 5.7: Porcentaje de variación en el aumento de la demanda. Al menos hasta encontrar la madurez de la economía de escala, donde los costos indirectos se puedan ver disminuidos.

Tabla 5.11 Desglose de costos

AÑO	1	2	3	4
COSTOS FIJOS	13.522	13.522	13.522	13.522
COSTOS VARIABLES	203	417	541	681
COSTO TOTAL	-13.725	-13.938	-14.063	-14.203

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.12 Proyección de costos indirectos de fabricación

AÑO	% DE AUMENTO	CIF (UF)
1	-	13.725
2	25%	17.156
3	30%	22.303
4	35%	30.109

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.13 Resumen de egresos

AÑO	1	2	3	4
COSTOS FIJOS	13.522	13.522	13.522	13.522
COSTOS VARIABLES	203	417	541	681
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	13.725	17.156	22.303	30.109
EGRESOS	-27.450	-31.095	-36.366	-44.312

Fuente: Elaboración propia.

5.2. PROYECTO PURO

El flujo de caja puro es esencial en el análisis financiero, ya que refleja el efectivo generado directamente por las operaciones del negocio, excluyendo la influencia de la financiación externa o las actividades no operativas. Su relevancia radica en su capacidad para evaluar la rentabilidad operativa real de un proyecto, así como su capacidad para cubrir obligaciones financieras, como el pago de deudas y otros compromisos.

Este indicador proporciona una visión clara de la sostenibilidad financiera, ya que muestra la disponibilidad de recursos para reinversiones, expansión o distribución de utilidades sin depender exclusivamente de fuentes externas de financiamiento.

5.2.1. Flujo de caja

En consecuencia, el flujo de caja puro es un elemento fundamental para la toma de decisiones estratégicas, ya que permite evaluar la viabilidad a largo plazo de un proyecto o empresa, garantizando la salud financiera y facilitando la planificación de crecimiento.

Tabla 5.14 Flujo de caja puro o sin financiamiento

Tasa de descuento (%)		11%			
Año	0	1	2	3	4
Cantidad		278	304	395	497
Precio		455	455	455	455
(+) Ingresos		126.573	138.410	179.843	226.283
Costos fijos		13.522	13.522	13.522	13.522
Costos variables		13.928	17.573	22.844	30.790
(-) Egresos		-27.450	-31.095	-36.366	-44.312
(=) Margen		99.123	107.316	143.476	181.971
(-) Depreciación		-147	-147		
(+) Valor Residual					
(-) Valor Libro					
(-) Intereses L.P.					
(-) Intereses C.P.					
(=) Utilidad antes de impuestos		98.976	107.169	143.476	181.971
(-) Impuestos		-26.724	-28.936	-38.739	-49.132
(=) Utilidad después de Impuestos		72.253	78.233	104.738	132.839
(+) Depreciación		147	147	0	0
(-) Inversiones	-4.039				
(+) Valor Libro					
(+) Créditos L.P.					
(+) Créditos C.P.					
(-) Costos imprevistos	-404				
(-) Amortizaciones de créditos L.P.					
(-) Amortizaciones de créditos C.P.					
(+/-) Capital de trabajo	0				
(=) Flujo de Caja	-4.443	72.399	78.380	104.738	132.839
(=) FC Actualizado	-4.443	65.225	63.615	76.583	87.505
(=) FC Acumulado	-4.443	60.782	124.397	200.980	288.485

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Indicadores

Tabla 5.15 Indicadores flujo de caja puro

VAN (UF)	288.485
TIR (%)	1639%
PRI (Años)	1
IVAN	64,9

Fuente: Elaboración propia.

5.3. PROYECTO CON FINANCIAMIENTO

Es relevante estudiar el proyecto con financiamiento de 50% y 75% porque permite analizar cómo diferentes niveles de apalancamiento impactan la viabilidad financiera, los flujos de caja y el riesgo asociado.

Al evaluar el proyecto con distintas proporciones de deuda, se pueden comparar los efectos de los costos financieros (intereses) y la estructura de capital sobre la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Un financiamiento de 50% ofrece un balance moderado entre deuda y capital propio, mientras que un 75% implica un mayor riesgo debido al aumento en la carga financiera, pero también puede maximizar el retorno sobre el capital invertido, si el proyecto es exitoso.

Este análisis permite tomar decisiones informadas sobre el nivel de riesgo que se está dispuesto a asumir y sobre las estrategias de financiamiento más adecuadas para el proyecto.

5.3.1. Financiamiento externo del 50%

Se analizará flujo de caja con financiamiento externo del banco BCI del 50%.

5.3.1.1. Flujo de caja

Tabla 5.16 Flujo de caja con financiamiento externo del 50%

	Tasa de descuento (%) 11%				
Año	0	1	2	3	4
Cantidad		278	304	395	497
Precio		455	455	455	455
(+) Ingresos		126.573	138.410	179.843	226.283
Costos fijos		13.522	13.522	13.522	13.522
Costos variables		13.928	17.573	22.844	30.790
(-) Egresos		-27.450	-31.095	-36.366	-44.312
(=) Margen		99.123	107.316	143.476	181.971
(-) Depreciación		-147	-147		
(+) Valor Residual					
(-) Valor Libro					
(-) Intereses L.P.		-122	-94	-64	-33
(-) Intereses C.P.					
(=) Utilidad antes de impuestos		98.854	107.075	143.412	181.938
(-) Impuestos		-26.691	-28.910	-38.721	-49.123
(=) Utilidad después de Impuestos		72.163	78.165	104.691	132.815
(+) Depreciación		147	147		
(-) Inversiones	-4.039				
(+) Valor Libro					
(+) Créditos L.P.	2.221				
(+) Créditos C.P.					
(-) Costos imprevistos	-404				
(-) Amortizaciones de créditos L.P.		-512	-540	-569	-601

(-) Amortizaciones de créditos C.P.					
(+/-) Capital de trabajo	0				
(=) Flujo de Caja	-2.221	71.798	77.772	104.121	132.214
(=) FC Actualizado	-2.221	64.683	63.121	76.133	87.093
(=) FC Acumulado	-2.221	62.462	125.583	201.716	288.809

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2. Indicadores

Tabla 5.17 Indicadores Flujo de caja con financiamiento externo del 50%

VAN(UF)	288.809
TIR (%)	3241%
PRI(Años)	1
IVAN	65

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Financiamiento externo del 75%

Se analizará flujo de caja con financiamiento externo del banco BCI del 75%.

5.3.2.1. Flujo de caja

Tabla 5.18 Flujo de caja con financiamiento externo del 75%

Tasa de descuento (%) 11%					
Año	0	1	2	3	4
Cantidad		278	304	395	497
Precio		455	455	455	455
(+) Ingresos		126.573	138.410	179.843	226.283
Costos fijos		13.522	13.522	13.522	13.522
Costos variables		13.928	17.573	22.844	30.790
(-) Egresos		-27.450	-31.095	-36.366	-44.312
(=) Margen		99.123	107.316	143.476	181.971
(-) Depreciación		-147	-147		
(+) Valor Residual					
(-) Valor Libro					
(-) Intereses L.P.		-183	-141	-97	-50
(-) Intereses C.P.					
(=) Utilidad antes de impuestos		98.793	107.028	143.380	181.921
(-) Impuestos		-26.674	-28.898	-38.713	-49.119
(=) Utilidad después de Impuestos		72.119	78.130	104.667	132.802
(+) Depreciación		147	147		
(-) Inversiones	-4.039				
(+) Valor Libro					
(+) Créditos L.P.	3.332				
(+) Créditos C.P.					
(-) Costos imprevistos	-404				
(-) Amortizaciones de créditos L.P.		-767	-810	-854	-901
(-) Amortizaciones de créditos C.P.					

(+/-) Capital de trabajo	0				
(=) Flujo de Caja	-1.111	71.498	77.468	103.813	131.901
(=) FC Actualizado	-1.111	64.413	62.874	75.907	86.888
(=) FC Acumulado	-1.111	63.302	126.176	202.084	288.971

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2. Indicadores

Tabla 5.19 Indicadores flujo de caja con financiamiento externo del 75%

VAN (UF)	288.971
TIR (%)	6446%
PRI (Años)	1
IVAN	65

Fuente: Elaboración propia.

5.4. RENTABILIDAD

Comparar los VAN (Valor Actual Neto) de los tres flujos de caja (flujo puro, con financiamiento del 50% y con financiamiento del 75%) es fundamental para evaluar el impacto de diferentes estructuras de financiamiento sobre la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Esta comparación permite analizar cómo varían los resultados financieros según el nivel de apalancamiento, ayudando a comprender cómo los costos financieros derivados del uso de deuda afectan la rentabilidad a largo plazo.

Un flujo de caja sin financiamiento refleja los ingresos y egresos netos del proyecto sin considerar la carga de deuda, lo cual proporciona una visión "pura" de la rentabilidad operativa. En cambio, al incluir financiamiento, los flujos de caja deben ajustarse para reflejar los pagos de intereses y amortizaciones.

Comparar los VAN de estos tres escenarios permite identificar el equilibrio óptimo entre riesgo y rentabilidad. Un mayor nivel de financiamiento externo (75%) puede aumentar el retorno sobre la inversión si el proyecto genera altos flujos de caja, pero también incrementa el riesgo financiero, ya que los pagos de la deuda son más altos. Por otro lado, un financiamiento externo más bajo (50%) reduce el riesgo de insolvencia, pero también limita el potencial de retorno.

En resumen, esta comparación es crucial para tomar decisiones informadas sobre la estructura de capital del proyecto, asegurando que el nivel de financiamiento elegido sea el más adecuado en función de los objetivos de rentabilidad, el riesgo asumido y la capacidad de generar efectivo.

Tabla 5.20 Comparativa de rentabilidad

MODALIDAD	VAN (UF)	TIR	PRI	IVAN
FLUJO PURO	288.485	1639%	1	64,9
FLUJO 50% FINANCIAMIENTO EXTERNO	288.809	3241%	1	65
FLUJO 75% FINANCIAMIENTO EXTERNO	288.971	6446%	1	65

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el proyecto con 75% de financiamiento externo presenta el VAN más alto, lo que sugiere que, en términos absolutos, este proyecto podría ser el más rentable, ya que genera un valor presente neto ligeramente superior. Sin embargo, es importante considerar que este escenario también implica un mayor riesgo financiero debido a la mayor carga de deuda que debe ser gestionada.

Además, el TIR (Tasa Interna de Retorno) del proyecto con 75% de financiamiento es significativamente alto, alcanzando un 6446%, lo que también indica un retorno excelente sobre la inversión inicial. En cuanto al PRI (Período de Recuperación de la Inversión) e IVAN, no hay diferencias significativas entre los tres proyectos, ya que los tres se recuperan en el mismo período de tiempo y con un IVAN relativamente parecido. Esto indica que, independientemente de la cantidad de financiamiento utilizado, los proyectos tienen una recuperación de inversión similar.

5.5. SENSIBILIZACIÓN

El análisis de sensibilidad es una herramienta fundamental en la evaluación de proyectos, ya que permite medir cómo las variaciones en las principales variables del modelo (como costos, ingresos, tasas de interés, o plazos) afectan los resultados financieros, tales como el VAN o la TIR.

Su objetivo es identificar cuáles factores tienen mayor impacto en la viabilidad del proyecto, proporcionando una visión clara de los riesgos asociados y los márgenes de seguridad. Además, este análisis permite evaluar el desempeño del proyecto bajo distintos escenarios facilitando la toma de decisiones informadas y el diseño de estrategias de mitigación ante incertidumbres o fluctuaciones del entorno.

- Ingresos – para análisis de ingresos se utilizará la proyección de demanda
- Egresos – Para el análisis de egresos se utilizará el costo fijo de Sueldos, esto debido a que, dentro de los costos fijos, las remuneraciones corresponden al 96% de los costos fijos del proyecto.

5.5.1. Sensibilización de ingresos

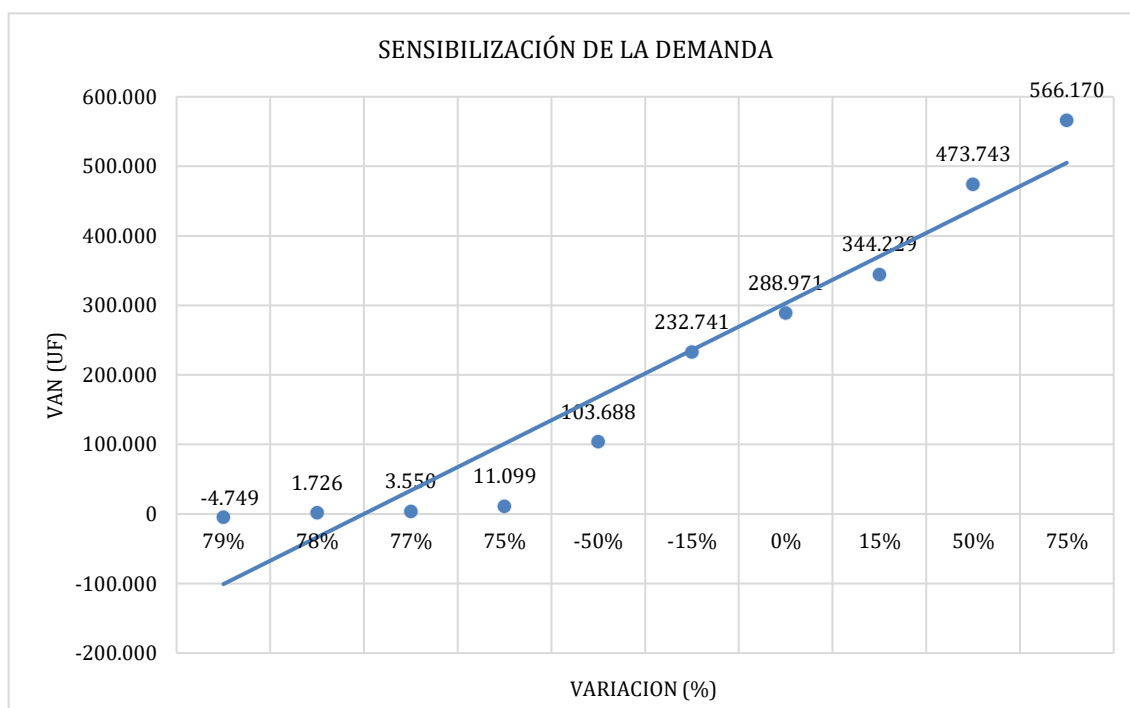
El análisis de sensibilidad proporciona un fundamento sólido para la toma de decisiones estratégicas, lo que facilita la optimización del diseño del proyecto, la selección eficiente de proveedores y una planificación financiera más robusta. En este contexto, es relevante señalar

que, tal como se abordó previamente, el análisis de sensibilidad de los ingresos fue realizado considerando la demanda proyectada, complementando así la evaluación integral de la sostenibilidad económica del proyecto.

Tabla 5.21 Sensibilización de ingresos - demanda

%Variación demanda	VAN (UF)	TIR (%)
-79%	-4.749	-25%
-78%	1.726	23%
-77%	3.550	35%
-75%	11.099	82%
-50%	103.688	601%
-15%	232.741	1325%
0%	288.971	6446%
15%	344.229	1953%
50%	473.743	2679%
75%	566.170	3202%

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.1 Sensibilización de los ingresos - demanda

Como se observa en la tabla 5.19, "Sensibilización de ingresos - demanda", y en el gráfico 5.1, se proyecta que la demanda modular puede disminuir hasta un 78% como máximo sin comprometer la viabilidad económica del proyecto.

Esto equivale a un mínimo de 63 unidades modulares en el primer año, 68 unidades modulares en el segundo, para el tercero 89 y para el último año 112 unidades modulares. Sin embargo, si la demanda cae por debajo de este umbral, el Valor Actual Neto (VAN) se vuelve negativo, lo que implica que el proyecto dejaría de ser rentable. Por lo tanto, este análisis evidencia la importancia de mantener una demanda mínima para garantizar la sostenibilidad financiera del proyecto.

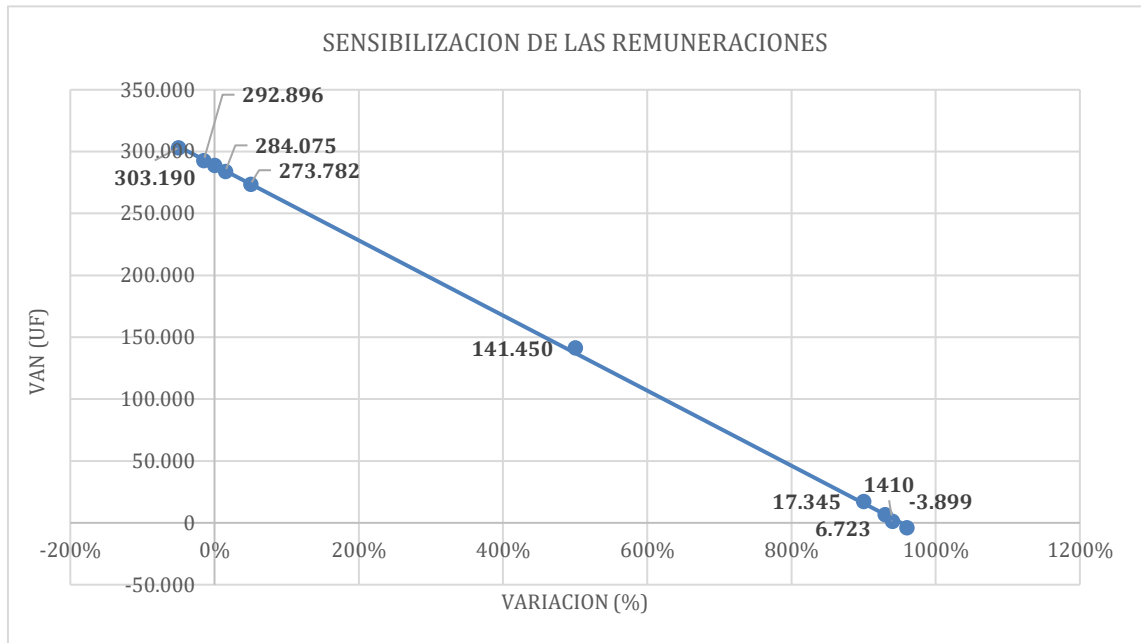
5.5.2. Sensibilización de egresos

El análisis de sensibilidad de los egresos, enfocado en el costo fijo de las remuneraciones, es fundamental para evaluar cómo las variaciones en este componente pueden impactar la viabilidad económica y financiera del proyecto. Dado que las remuneraciones representan un egreso recurrente y fijo, su análisis permite identificar el grado de dependencia del proyecto respecto a este costo, evaluar su impacto en la rentabilidad y diseñar estrategias para mitigar riesgos asociados a posibles incrementos salariales o cambios en las políticas laborales.

Tabla 5.22 Sensibilización de egresos - remuneraciones

%Variación remuneración	VAN (UF)	TIR (%)
-50%	303.190	1745%
-15%	292.896	1671%
0%	288.971	6446%
15%	284.075	1608%
50%	273.782	1533%
500%	141.450	596%
900%	17.345	34%
930%	6.723	19%
940%	1410	13%
960%	-3.899	7%

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.2 Sensibilización de los egresos - remuneraciones

Se proyecta que las remuneraciones del proyecto pueden incrementarse hasta un 940% como máximo sin comprometer su viabilidad económica.

Este umbral representa el punto crítico en el que el costo asociado a las remuneraciones se mantiene sostenible para la operación del proyecto. Sin embargo, en caso de superar este porcentaje, el Valor Actual Neto (VAN) se tornaría negativo, lo que indicaría que el proyecto dejaría de ser rentable debido al impacto financiero que supondría cubrir estos egresos.

Este análisis subraya la importancia de mantener un control eficiente sobre los costos fijos, específicamente las remuneraciones, para garantizar la sostenibilidad económica del proyecto.

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología Lean en los procesos productivos de Promet representa una estrategia fundamental para optimizar la eficiencia operativa, reducir costos y mejorar la calidad de los productos en la industria de la construcción modular. Este enfoque, basado en la identificación y eliminación de desperdicios, la mejora continua y la optimización de flujos de trabajo, contribuye significativamente a incrementar la capacidad productiva de la empresa, proyectándose un aumento del 35% en los primeros cuatro años. Este crecimiento no solo fortalece la competitividad de Promet, sino que también mejora su capacidad de respuesta ante la demanda del mercado.

El impacto de la metodología se extiende más allá de la eficiencia operativa, ya que su implementación también tiene un efecto directo en la calidad de los productos. La adopción de herramientas como el control estadístico de procesos garantiza la consistencia y fiabilidad de las unidades modulares producidas, lo que refuerza la competitividad de Promet en un mercado cada vez más exigente. Además, la mejora en la calidad no solo se refleja en la satisfacción del cliente, sino también en la sostenibilidad de los procesos, ya que Lean promueve un uso más eficiente de los recursos, reduciendo la huella de carbono y los residuos generados durante la producción.

Desde una perspectiva estratégica, la adopción de Lean posiciona a Promet como un actor clave en el sector de la construcción modular en Chile, contribuyendo de manera significativa a los esfuerzos nacionales para reducir el déficit habitacional. Este enfoque integral, que abarca eficiencia, calidad y sostenibilidad, permite a la empresa no solo alcanzar sus objetivos operativos, sino también consolidarse como líder en un mercado altamente competitivo.

El análisis financiero de los tres escenarios de financiamiento (sin financiamiento, con 50% y 75% de financiamiento externo) muestra que el escenario con 75% de financiamiento externo es el más rentable, aunque implica un mayor riesgo financiero debido a la carga de deuda. Sin embargo, permite aprovechar el apalancamiento financiero, maximizando los beneficios sin comprometer excesivamente el capital propio. No se consideró el escenario con un 25% de financiamiento externo, ya que limita la capacidad de apalancamiento, restringe la optimización de recursos y reduce el retorno de inversión, lo que lo hace menos viable para proyectos de gran escala como la implementación de Lean.

El Plan de Mitigación de Riesgos, desarrollado en el marco de este proyecto, ha sido crucial para abordar los posibles desafíos relacionados con la inversión inicial, los retrasos en la implementación y la gestión del cambio organizacional. A través de estrategias como la diversificación de fuentes de financiamiento, la creación de un fondo de contingencia y la implementación de herramientas de monitoreo continuo se asegura que la ejecución del proyecto

sea eficiente y esté alineada con los objetivos estratégicos de la empresa. Además, las capacitaciones y programas de sensibilización incluidos en el plan fortalecen la participación de los empleados, fomentando una cultura de mejora continua dentro de la organización.

Desde un punto de vista ambiental, la implementación de Lean contribuye a la sostenibilidad de Promet, al reducir los residuos, optimizar el consumo de materiales y energía, y cumplir con las normativas ambientales vigentes. Estas acciones no solo minimizan la huella de carbono de la empresa, sino que también mejoran su reputación corporativa, consolidando a Promet como un referente en prácticas sostenibles dentro del sector de la construcción modular.

En cuanto a los resultados operativos, el diagnóstico inicial de los procesos productivos permitió identificar cuellos de botella y áreas críticas en la planta Chacabuco, lo que facilitó el diseño de estrategias orientadas a la mejora continua. El uso de herramientas como el Mapeo de Flujo de Valor (VSM) y el sistema KANBAN permitió la reducción de desperdicios, mejorando la eficiencia en el uso de materiales y recursos humanos, lo que se traduce en una reducción significativa de los costos operativos.

Finalmente, los indicadores económicos del proyecto, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), confirman la rentabilidad de la implementación de Lean, demostrando que los beneficios superan ampliamente los costos. En este sentido, el proyecto no solo optimiza los procesos productivos, sino que también establece una base sólida para futuras innovaciones y el crecimiento organizacional de Promet.

A continuación, se destacan los resultados en relación con los objetivos específicos del proyecto:

1. **Análisis del estado actual de los procesos productivos:** El diagnóstico inicial permitió identificar los principales cuellos de botella y áreas críticas en la planta Chacabuco. Se determinó que la falta de estandarización, tiempos improductivos y una gestión deficiente de recursos estaban afectando la eficiencia operativa. Este análisis fue clave para diseñar estrategias orientadas a la mejora continua.
2. **Identificación de desperdicios y reducción de costos:** Se detectaron ocho tipos de desperdicios (muda), como sobreproducción, tiempos de espera y movimientos innecesarios. Mediante herramientas como el Mapeo de Flujo de Valor (VSM) y el sistema KANBAN, se logró proyectar una reducción significativa en costos operativos, incrementando la eficiencia del uso de materiales y recursos humanos.
3. **Diseño de un plan de mejora continua:** Se desarrolló un plan basado en los principios Lean, que incluyó la implementación de la metodología 5S, la reorganización de estaciones de trabajo y la incorporación del software Parse Suite. Este enfoque permitió

crear un flujo de trabajo más eficiente, facilitando el control y seguimiento de los procesos productivos.

4. **Determinación de costos asociados a la implementación de Lean:** Se estimó una inversión inicial de 4443 UF, destinada a la capacitación del personal, adquisición de equipos y software, y ajustes en la infraestructura. Los indicadores económicos, como el VAN (288.971UF), TIR (6446%) y PRI (1 año), confirmaron la rentabilidad del proyecto, demostrando que los beneficios superan ampliamente los costos.
5. **Impacto de la implementación Lean en indicadores clave de rendimiento:** La capacidad productiva de la planta se proyecta incrementar un 25% en el primer año, con un crecimiento anual sostenido del 5%. Esto se traduce en una producción adicional de hasta 497 unidades modulares anuales para el cuarto año, optimizando la competitividad de Promet en el mercado de la construcción modular.

En conclusión, la implementación de la metodología Lean en Promet no solo mejora la eficiencia operativa, reduce costos y optimiza la calidad, sino que también fortalece el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la innovación. Este enfoque integral permite a Promet consolidarse como líder en la construcción modular en Chile, alineándose con las demandas del mercado y contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

REFERENCIAS

- Brealey, R. A. (2014). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill Education.
- Cámara Chilena de la Construcción. (2024). Obtenido de <https://cchc.cl/>
- Company, M. &. (2014). *Análisis global de mejoras en procesos productivos mediante Lean*. Informe de impacto empresarial.
- Copeland, T. &. (2005). *Financial Theory and Corporate Policy*. Pearson Addison Wesley.
- Deloitte. (2016). *Lean manufacturing survey: Resultados sobre la mejora de la productividad empresarial mediante metodología Lean*. Deloitte Insights.
- Hernandez, A. (2013). Implementación de Lean Manufacturing. En *Técnicas para la optimización de procesos productivos*. Ingeniería.
- Horngren, C. T. (2012). *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*. Pearson.
- Lean Enterprise institute. (s.f.). *Incrementos y mejoras con Lean: Informe de implementación en industrias de manufactura*. Lean productivity studies.
- McKinsey & Company. (s.f.). *Mejoras operativas mediante Lean en sectores automotriz y de bienes de consumo*.
- Ministerio de vivienda y urbanismo. (2024). Obtenido de <https://www.minvu.gob.cl/>
- Modigliani, F. &. (1958). *The Cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment*. American Economic Review.
- Promet Servicios. (2023). www.promet.cl. Obtenido de Promet.
- Ross, S. A. (2016). *Corporate Finance*. McGraw-Hill Education.
- Toyota Motor Corporation. (2003). *Sistema de producción Toyota: Guía para la eliminación de desperdicios*. Toyota.
- Womack, J. P. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* . Simon & Schuster.

ANEXOS

Anexo 1. Cartas de Balance para VSM propuesto

ESTACIÓN 01

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	Actividad	S
MAESTRO SOLDADOR																	Tronzado	
AYUDANTE SOLDADOR																	Armado y remate	
																	Revisión	

Modelo	Makita 9557HP
Marca	Makita
Herramienta	Esmeril angular 4 1/2"

Nombre	Rut
MAESTRO SOLDADOR	1 2 1 1
AYUDANTE SOLDADOR	1 2 1 1

ESTACIÓN 02

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	Actividad	S
MAESTRO PINTOR																	Secado anticorrosivo chasis de piso	
MAESTRO PINTOR																	Pintura de terminacion	

Modelo	Magnum de pintura Ames (PXIS)
Marca	
Herramienta	Extensores 220v

Nombre	Rut
MAESTRO PINTOR	1 2
MAESTRO PINTOR	1 2

ESTACIÓN 03

PISO Y CONTRAPISO

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	Actividad	S
Ayudante Carpintero																	Terciado	
Maestro Carpintero																	Masilla	
Maestro Carpintero																	Pulir y limpiar	
																	Tarket	
																	Soldadura tarket	

Modelo	TD001G
Marca	Makita
Herramienta	Atornillador impacto 40v

Nombre	Rut
Ayudante Carpintero	1 2 1 1 1 1
Maestro Carpintero	1 2 1 1 1 1
Maestro Carpintero	1 2 1 1 1 1

ESTACIÓN 04

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	Actividad	S
Maestro Carpintero																									Polietileno + omega	
Maestro Carpintero																									Canalización cielo incluye refuerzo	
Maestro Carpintero																									Estructuración tabiquería culata	
Ayudante Carpintero																									Estructuración tabiquería longitudinal	
Maestro Electrico																									Canalización muro incluye refuerzo	
Maestro Electrico																										

Modelo	Atornillador Impacto	Makita TD001G
Marca	Batería	Makita TD001G
Herramienta	Cargador de batería	Makita TD001G
Herramienta	Atornillador Inalámbrico 18v	Makita DFS452
Herramienta	Batería Inalámbrico	Makita DFS452
Herramienta	Cargador de batería	Makita DFS452
Herramienta	Escalera tipo tijera	
Herramienta	Curvadora manual EMT retráctil	
Herramienta	Cartonero retráctil	Wurth
Herramienta	Pasacable eléctrico MOD.	

Nombre	Rut
Maestro Carpintero	1 2 1
Maestro Carpintero	1 2 1
Maestro Carpintero	1 2 1
Ayudante Carpintero	1 2 1
Maestro Electrico	1 2 1 1 1 1 1
Maestro Electrico	1 2 1 1 1 1

ESTACIÓN 05

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	Actividad	S
Maestro Carpintero																									Revestimiento cielo	
Maestro Carpintero																									OSB cubierta + lana	
Ayudante Carpintero																									OSB Longitudinal	
Ayudante Carpintero																									OSB culata	
Maestro Electrico																										

Modelo	Atornillador Impacto Inalámbrico 40v	Makita TD001G
Marca	Batería Pinalámbrico 40v Makita TD001G	Makita TD001G
Herramienta	Cargador de batería	Makita TD001G
Herramienta	Cartonero retráctil Wurth	Wurth
Herramienta	Multifuncional	
Herramienta	Alapanchas	
Herramienta	Escalera tijera	
Herramienta	Atornillador Inalámbrico 18v2	Makita DFS452
Herramienta	Cartonero retráctil	Wurth
Herramienta	Atornillador Inalámbrico 18 v	Makita DFS452
Herramienta	Batería Pinalámbrico 18v	Makita DFS452
Herramienta	Cargador de batería	Makita DFS452

Nombre	Rut
Maestro Carpintero	1 2 1
Maestro Carpintero	1 2 1 1 1
Ayudante Carpintero	1 2 1 1 1
Ayudante Carpintero	1 1 1 1 1
Maestro Electrico	1 1 1 1 1 1 1 1

ESTACIÓN 06

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	Actividad	S
Maestro Carpintero																										Forro interior perimetral lana + volc.	
Maestro Carpintero																										Tabiquería interior	
Ayudante Carpintero																										Forro primera cara	
Maestro Electrico																										Canalización tabiquería interior	
Maestro Electrico																										Forro segunda cara + lana	

Modelo	Escalera tipo tijera	
Marca	Atornillador Inalámbrico 18 v	Makita DFS452
Herramienta	Batería Pinalámbrico	Makita DFS452
Herramienta	Cargador de batería	Makita DFS452
Herramienta	Cartonero retráctil	Wurth

Nombre	Rut
Maestro Carpintero	1 2 1 1
Maestro Carpintero	1 2 1 1
Ayudante Carpintero	1 2 1 1
Maestro Electrico	1 1 2 1 1

ESTACIÓN 07

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	Actividad	S
Ayudante Carpintero																													Instalación PV7	
Ayudante Carpintero																													Instalación perfil + bota agua	
Ayudante Carpintero																													Cerchas	
Ayudante Carpintero																													Instalación PV4	
Ayudante Carpintero																													Instalación puerta	
Ayudante Carpintero																													Molduras (cubrejuntas, cornizas, guardapolvos)	
Ayudante Carpintero																													Pintura puertas y enlucidos	

Modelo	Ingrediente	Makita LS1040
Marca	Cuchilla Eléctrica 1"	Makita 4350FCT
Herramienta	Multifuncional	Makita DTM62
Herramienta	Puntera neumática	Makita AF506
Herramienta	Culadora	Wurth
Herramienta	Mangueras de presión 28M + portatil	
Herramienta	Compresor	KYH LEADER N
Herramienta	Sierra circular	Makita 5007 MAG
Herramienta	Atornillador Impacto	Makita TD001G
Herramienta	Batería Pinalámbrico	Makita TD001G
Herramienta	Cargador de batería	Makita TD001G
Herramienta	Batería Pinalámbrico 18v	Makita DFS452
Herramienta	Batería Pinalámbrico	Makita DFS452
Herramienta	Cargador de batería	Makita DFS452
Herramienta	Esmeril 4 1/2"	Makita 9657HP
Herramienta	Cartonero retráctil	Wurth
Herramienta	Calafiteo	
Herramienta	Arnes de carpintero	
Herramienta	Hojalatería	

Nombre	Rut
Ayudante Carpintero	1 1
Ayudante Carpintero	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
Ayudante Carpintero	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
Ayudante Carpintero	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

ESTACIÓN 08

Especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
MAESTRO ELECTRICO																				

Modelo																				
Marca																				
Herramienta	Megger	Reouladera	Atornillador Inalambrico 18 v	Bateria P/inalambrico 18v	Cargador de bateria	Cartonero retractil	Escala tijera													

Nombre	Rut																			
MAESTRO ELECTRICO		1	1	1	1	2	1	1	1											

Actividad	S
Instalacion artefactos tabiqueria interior	
Pre Prueba eléctrica	
Prueba eléctrica aislación y funcionamiento	

ESTACIÓN 09

especialidad/min	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
taestro Carpintero																
taestro Carpintero																

Modelo	LS1040																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													</
--------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

ut	Nombre																				
taestro Carpintero		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
taestro Carpintero																					

Actividad	S
Moldura puertas y tabiqueria interior	
Sellos ventanas	
Sellos exteriores	
Aseo modulo	
Sellos puertas	

Pilar de transporte	
Aseo fino	
Preliberacion	
Liberacion	