

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**JUSTIFICACIÓN FINANCIERA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL OTIF EN CMPC
MADERAS: DESARROLLO DE MODELO DE VALORIZACIÓN DE INEFICIENCIAS
LOGISTICAS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

JOAQUÍN NICOLÁS MONTENEGRO TRAIPE

PROFESOR GUÍA

PABLO VIVEROS GUNCKEL

PROFESOR CORREFERENTE

SIMÓN GÓMEZ MUÑOZ

SANTIAGO DE CHILE, 21 DE OCTUBRE, 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Justificación Financiera para la Optimización del OTIF en CMPC Maderas: Desarrollo de Modelo de Valoración

Nombre del candidato(a): Joaquín Nicolás Montenegro Traipe

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Industrail

Campus: Vitacura **Departamento:** Indutrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Pablo Viveros Gunckel, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 30-10-2025

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 29 de Octubre del 2025

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

1. Resumen ejecutivo

La creciente exigencia de los clientes, junto con la globalización y digitalización de los mercados, ha intensificado la presión sobre las empresas para optimizar sus cadenas logísticas. En este contexto, el indicador OTIF (On-Time In-Full) —que mide el cumplimiento de las promesas de entrega en cantidad y tiempo— se ha posicionado como una métrica clave de desempeño en la industria.

En CMPC Maderas, el OTIF forma parte de los indicadores estratégicos definidos por la compañía dentro de su Plan 2030, estableciéndose como una prioridad alcanzar un cumplimiento del 90%. Sin embargo, su madurez organizacional aún es incipiente, especialmente en niveles administrativos y operativos. A esto se suma una cultura empresarial con alta resistencia al cambio, lo que ha dificultado la implementación efectiva de mejoras orientadas a su optimización.

Frente a este escenario, el presente trabajo propone una metodología de valoración monetaria del incumplimiento del OTIF, con el objetivo de cuantificar su impacto financiero y justificar económicamente los esfuerzos destinados a su mejora. Para ello, se utilizó una combinación de análisis cualitativo (entrevistas internas) y cuantitativo (modelos de regresión), apoyado por una línea base de datos históricos de la operación en 2024.

El modelo desarrollado permitió estimar que alcanzar un OTIF del 60% implicaría ahorros anuales cercanos a USD 1,5 millones, mientras que subir al 75% y 90% representaría ahorros de USD 2,3 y USD 3,4 millones, respectivamente. Estos resultados no solo visibilizan el costo real de las ineficiencias, sino que también ofrecen una herramienta concreta para sustentar decisiones estratégicas.

Finalmente, se identificaron las áreas con mayor impacto económico y se entregaron recomendaciones para orientar la mejora continua del indicador. Esta memoria representa el primer ejercicio sistemático de este tipo en la compañía, abriendo la puerta para futuras aplicaciones más amplias que permitan capturar nuevos costos ocultos y profundizar el análisis del desempeño logístico.

1. Resumen ejecutivo	3
2. Problema De Investigación	7
3. Objetivos	10
3.1 Objetivo General	10
3.2 Objetivos Específicos	10
4. Alcance	12
5. Metodología Propuesta	14
6. Historia Corporativa de CMPC	19
6.1 Orígenes y Expansión Nacional	19
6.2 Internacionalización y Crecimiento Global	19
6.3 CMPC Maderas: División y Operaciones	20
7. Marco Teórico	22
7.1 Logística y Cadena de Suministro	23
7.2 Modelos de Producción y Estrategias de Inventario	25
7.3 El Indicador OTIF (On Time in Full)	26
7.4 Impacto del OTIF en la Empresa	28
7.5 Valorización Financiera de KPI's Operacionales	30
7.5.1 Análisis de Costos de la No-Calidad (Cost of Poor Quality - COPQ)	30
7.5.2 Modelos de Costo Total de Servir (Cost-to-Serve - CTS)	31
7.5.3 Valoración del Capital de Trabajo y Costo de Oportunidad	31
7.5.4 Análisis de Retorno de la Inversión (ROI) y Payback:	32
7.6 Gestión del Cambio Organizacional	32
7.6.1 El Modelo de Tres Etapas de Lewin	33
7.6.2 Los Ocho Pasos de Kotter para Liderar el Cambio	34
7.6.3 El Modelo ADKAR	34
7.7 Modelización Cuantitativa en Entornos Logísticos	35
7.7.1 Análisis de Regresión	36
8. Desarrollo	38
8.1 Levantamiento y Evaluación del Flujo del Proceso Logístico	39

8.2	Levantamiento de entrevistas clave	43
8.3	Valoración Económica del Incumplimiento	44
8.4	Establecimiento de la Línea Base de Costos de Ineficiencia del OTIF	47
8.5	Modelado de la Relación OTIF-Costos y Proyección de Ahorros	48
8.6	Validación de Supuestos del Modelo de Regresión	49
8.7	Proyección de Ahorros por Mejora del OTIF	50
9.	Resultados	53
9.1	Presentación de la Línea Base de Costos y Desempeño del OTIF	53
9.2	Análisis de regresión	54
9.3	Resultados de Supuestos residuales	57
9.4	Proyección de Ahorros Anuales por Mejora del OTIF	60
10.	Conclusiones	63
11.	Recomendaciones	67
11.1	Fortalecimiento de inventarios y alineación con el modelo Make-to-Order	67
11.2	Mejora en la captura y trazabilidad de fechas preferentes de entrega	68
11.3	Optimización del proceso logístico para reducir sobrestadías y transporte extra	69
11.4	Extrapolar el análisis hacia nuevos costos ocultos y unidades de negocio	69
11.5	Incorporación de pedidos provenientes de procesos de Trading para fortalecer el alcance del OTIF	70
12	Referencias	73

2. Problema De Investigación

En los mercados actuales, marcados por una creciente exigencia de los clientes, la digitalización de procesos y la aceleración del comercio global, la eficiencia logística y operativa en la cadena de suministros se ha convertido en un factor clave para la competitividad y sostenibilidad de las empresas. Este fenómeno se ve reforzado por el acceso masivo a la información, que ha empoderado a los consumidores, haciéndolos más conscientes de los estándares de calidad y cumplimiento esperados. Así lo destaca el medio digital PuroMarketing (2023), al señalar que “gracias a la facilidad de acceso a la información, los clientes están más informados que nunca sobre los productos y servicios que compran y los problemas que pueden surgir con ellos”.

En este contexto, el cumplimiento eficiente de los compromisos de entrega cobra especial relevancia. Indicadores como el OTIF (On-Time In-Full) permiten evaluar de forma integrada la puntualidad y completitud de las entregas, convirtiéndose no solo en un reflejo del desempeño logístico, sino también en un factor determinante de la experiencia del cliente. El blog logístico de Simpliroute refuerza esta idea al indicar que “cumplir con las promesas de entrega es esencial para mantener contentos a los clientes y garantizar el éxito de tu negocio”.

La Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), líder del sector forestal en Latinoamérica y con presencia global, no es ajena a esta realidad. Particularmente en su área de Maderas —parte de la unidad de negocio CMPC Celulosa— se establecen relaciones comerciales con más de 430 clientes distribuidos en cinco continentes. Esta división opera principalmente bajo un modelo de producción Make to Order (MTO), lo que implica que los pedidos se fabrican en función de solicitudes específicas de los clientes, haciendo aún más relevante el cumplimiento en

tiempo y forma de las entregas, y volviendo cualquier desviación un problema crítico en la cadena de valor.

En línea con su estrategia 2030, la empresa ha definido metas claras de mejora continua, estableciendo como objetivo alcanzar un OTIF del 90% al final de la década. Sin embargo, el desafío no solo radica en alcanzar ese objetivo, sino en hacerlo en un contexto donde el indicador aún no ha sido plenamente internalizado por la organización. Si bien el OTIF es conocido y monitoreado a nivel gerencial, en los niveles operativos y administrativos su conocimiento y aplicación efectiva recién comienzan a consolidarse. Esta situación refleja un bajo grado de madurez organizacional respecto al indicador, lo que genera una desarticulación en los esfuerzos por mejorar su cumplimiento. A esto se suma una cultura organizacional tradicional, producto de los más de 100 años de historia de la empresa, donde los cambios en la forma de operar — especialmente aquellos que afectan rutinas arraigadas— enfrentan alta resistencia.

En este escenario, surge una necesidad crítica: poder vincular el OTIF con un impacto económico tangible que justifique las transformaciones necesarias. Actualmente, el equipo encargado de gestionar este KPI se ha enfrentado a importantes dificultades para movilizar cambios significativos en los procesos, dada la falta de una base cuantitativa que permita monetizar las consecuencias del incumplimiento y así sensibilizar a los distintos niveles de la organización.

Frente a ello, se plantea como problemática central de esta investigación la ausencia de una herramienta financiera que permita valorizar económicamente el OTIF en CMPC Maderas. Esta carencia dificulta no solo la toma de decisiones informadas, sino también la generación de incentivos para impulsar mejoras concretas. Se vuelve, por tanto, prioritario desarrollar un modelo que cuantifique los costos asociados al incumplimiento del OTIF y que, al mismo tiempo, sirva

como punto de partida para fortalecer su transversalidad, aumentar su visibilidad interna y apoyar una gestión más estratégica y orientada a resultados en toda la cadena de valor.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología de valoración monetaria del indicador OTIF en la gerencia comercial de CMPC Maderas, que permita cuantificar el impacto financiero del incumplimiento del indicador, proporcionando una base económica para la justificación de mejoras en la gestión de la cadena de productiva y logística.

3.2 Objetivos Específicos

Establecer un marco teórico robusto mediante la revisión crítica de la literatura especializada en OTIF, gestión de la cadena de suministro, y análisis de costos de no-calidad, con el fin de fundamentar la metodología de valoración monetaria propuesta y guiar la interpretación y discusión de los resultados de la investigación.

Diagnosticar la situación actual del cumplimiento del OTIF en CMPC Maderas, mediante la recopilación de la percepción de los colaboradores y el establecimiento de una línea base de los costos evitables y beneficios no capturados asociados al incumplimiento, con el fin de identificar y cuantificar las principales fuentes de ineficiencia y su impacto económico

Desarrollar un modelo de valoración monetaria que permita cuantificar y correlacionar los costos directos e indirectos asociados al incumplimiento del OTIF en base a la línea base elaborada, con el fin de monetizar las pérdidas atribuidas al KPI y proyectar los ahorros potenciales derivados de su optimización.

Identificar las áreas clave del proceso OTIF con mayor impacto financiero debido a los incumplimientos y formular recomendaciones estratégicas para su optimización, basadas en los hallazgos del análisis cuantitativo y cualitativo, con el fin de proporcionar directrices claras y

accionables que impulsen la mejora continua del servicio y la eficiencia operacional de CMPC

Maderas

4. Alcance

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de una metodología integral de valoración monetaria del indicador On-Time In-Full (OTIF), aplicado a la operación de la gerencia comercial de CMPC Maderas, perteneciente a CMPC Celulosa. El objetivo principal es cuantificar el impacto financiero derivado del incumplimiento del OTIF, permitiendo así aportar una herramienta de análisis que respalde la toma de decisiones estratégicas orientadas a la mejora del desempeño logístico y comercial.

El alcance comprende el diagnóstico detallado del proceso OTIF, desde la generación de la oferta hasta la entrega final del pedido en el puerto de destino, identificando los principales puntos críticos donde se generan ineficiencias. Para ello, se utilizará información histórica correspondiente al año 2024, la cual permitirá establecer una línea base representativa del desempeño del indicador, capturando las fluctuaciones estacionales y operativas propias del negocio.

A partir de esta línea base, se desarrollará un modelo de valoración económica, sustentado en análisis cuantitativo, que permita estimar los costos directos e indirectos asociados al incumplimiento del OTIF. Entre los costos considerados se incluyen: reprocesos, almacenaje adicional, sobreestadía portuaria, deterioro de producto, pérdida de margen por desvíos de mercado, entre otros. El modelo será entregado como una herramienta operativa en formato hoja de cálculo, con sus respectivas fórmulas documentadas.

Además, el estudio permitirá identificar las áreas del proceso OTIF con mayor impacto financiero, lo cual servirá como base para proponer recomendaciones generales de mejora. Estas

recomendaciones serán de carácter estratégico y no contemplan el diseño ni la implementación de planes de acción específicos ni herramientas tecnológicas.

En cuanto a sus limitaciones, este trabajo se restringe exclusivamente al análisis de la operación de CMPC Maderas, por lo que los hallazgos no serán generalizables de forma directa a otras unidades de negocio de la compañía. Asimismo, la profundidad del análisis está condicionada a la disponibilidad y calidad de la información interna, así como al grado de colaboración obtenido en las entrevistas realizadas con personal clave. El modelo de valoración se construye sobre supuestos y estimaciones que, aunque fundamentados, deben ser interpretados en función del contexto económico y operativo vigente.

Por último, este estudio no considera la implementación de software, el análisis legal o normativo de entregas internacionales, ni la evaluación técnica de cambios estructurales en la cadena de suministro. Su enfoque está centrado en la cuantificación financiera de los efectos del incumplimiento del OTIF, lo cual busca sentar las bases para futuras profundizaciones o ampliaciones del modelo.

5. Metodología Propuesta

La presente investigación se fundamenta en un enfoque metodológico mixto, el cual integra la rigurosidad del análisis cuantitativo con la profundidad de la comprensión cualitativa. Este enfoque busca una visión holística del problema de investigación, abordando tanto la cuantificación precisa del impacto del indicador OTIF como la interpretación contextualizada de los resultados y la identificación de oportunidades de mejora.

La dimensión cuantitativa se centrará en el análisis de datos históricos y la modelización financiera para la cuantificación del impacto económico del OTIF. Paralelamente, la sección cualitativa se enfocará en la exploración detallada de los flujos operacionales inherentes al proceso y en la interpretación contextualizada de los hallazgos.

La ejecución de esta metodología se articulará a través de una secuencia lógica de fases y pasos, diseñados para dar cumplimiento tanto al objetivo general como a los objetivos específicos previamente definidos

Fase 1: Fundamentación y Contextualización bibliográfica

Paso 1.1: Se realizará una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica pertinente a On-Time In-Full (OTIF), valoración financiera de procesos logísticos y productivos, establecimiento de líneas base, y principios de gestión del cambio organizacional. El propósito es construir un marco teórico sólido que fundamente la investigación.

Fase 2: Diagnóstico del proceso OTIF

Paso 2.1 Revisión documental y entrevistas: Se llevó a cabo una revisión detallada de los documentos técnicos, protocolos y reportes internos utilizados por CMPC Maderas en la medición del OTIF. Esta etapa fue complementada con entrevistas semiestructuradas a colaboradores de

distintas áreas funcionales, permitiendo levantar una caracterización cualitativa de los factores que influyen en el incumplimiento del indicador.

Paso 2.2 Levantamiento del flujo y línea base: A partir de la información recopilada, se elaboró un mapa del proceso asociado al OTIF, abarcando desde el levantamiento de la orden de compra hasta la entrega del producto en el puerto de destino. Con ello, se estableció una línea base que refleja el desempeño actual del indicador y las etapas operativas involucradas.

Fase 3: Recopilación y depuración de datos

Paso 3.1 Extracción de información desde los sistemas corporativos: Se recopilaron datos históricos correspondientes al año 2024, relacionados con el desempeño del OTIF y variables operacionales relevantes. Esta información fue extraída principalmente desde el sistema ERP SAP y otras plataformas internas de CMPC Maderas.

Paso 3.2 Estructuración de la base de datos: Los datos recopilados fueron depurados y homologados, construyendo una base estructurada a nivel de pedido-posición. Esto permitió realizar un análisis mensual del desempeño del OTIF, así como asociar sus variaciones a los costos incurridos por ineficiencia.

Fase 4: Categorización y estimación de costos de ineficiencia

Paso 4.1 Clasificación de los costos evitables: Con base en la información obtenida del proceso y las entrevistas, se identificaron y categorizaron los principales costos evitables derivados del incumplimiento del OTIF. Estos fueron agrupados en costos directos (como reprocesos, sobrestadía portuaria y almacenamiento adicional) y costos indirectos (como desvío de mercado, pérdida de margen o deterioro de producto).

Paso 4.2 Estimación económica de los costos: Se definieron fórmulas de asignación monetaria para cada tipo de costo, utilizando supuestos realistas y validaciones con el equipo comercial. Estas fórmulas permitieron cuantificar el impacto financiero de las distintas fuentes de ineficiencia asociadas al OTIF.

Fase 5: Modelización y análisis económico

Paso 5.1 Desarrollo del modelo de regresión: Se construyó un modelo econométrico de regresión log-lineal, donde la variable dependiente corresponde al logaritmo natural del costo mensual de ineficiencia y la variable explicativa es el nivel mensual del OTIF. Esta transformación permite capturar relaciones no lineales y analizar cambios proporcionales en los costos frente a variaciones en el desempeño del indicador.

Paso 5.2 Validación del modelo: La robustez del modelo fue evaluada mediante pruebas de significancia individual y global, verificación de los supuestos clásicos de los residuos y análisis gráfico. Se demostró una relación estadísticamente significativa entre el nivel de OTIF y los costos evitables.

Paso 5.3 Simulación de escenarios de mejora: A partir del modelo estimado, se proyectaron los ahorros financieros que podrían alcanzarse bajo distintos niveles de cumplimiento del OTIF. Se evaluaron escenarios hipotéticos para niveles de 60%, 75% y 90%, generando estimaciones de ahorro anual en cada caso.

Fase 6: Identificación de áreas críticas y recomendaciones

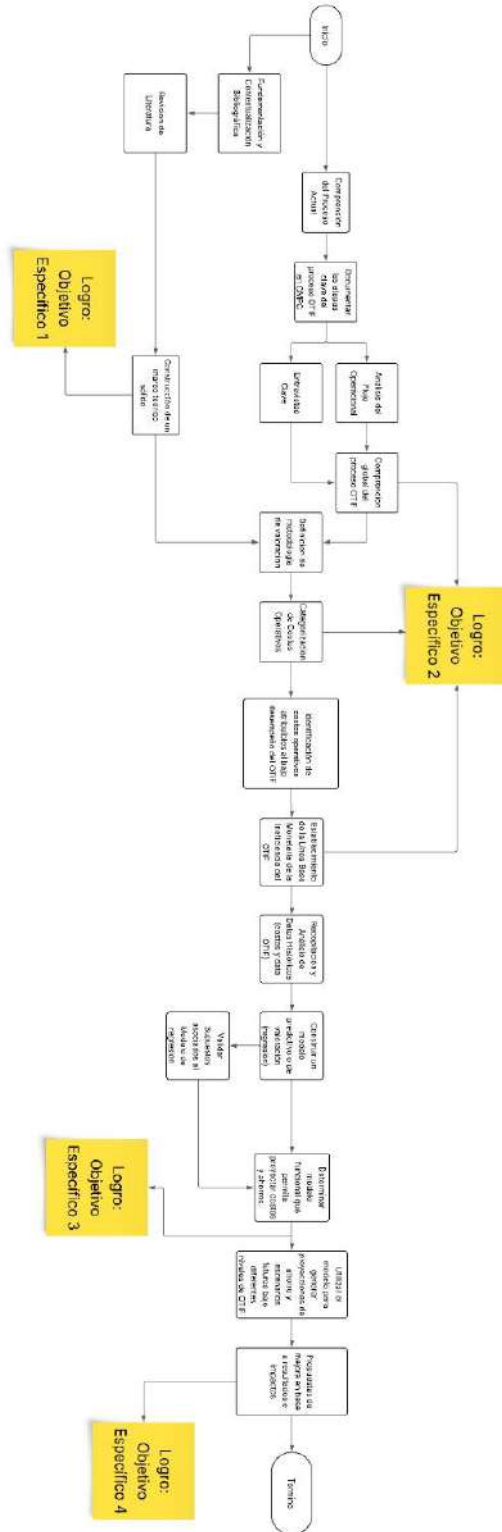
Paso 6.1 Priorización de etapas con mayor impacto: Mediante el análisis de los resultados obtenidos, se identificaron las etapas del proceso donde se concentra el mayor impacto financiero

por incumplimiento del OTIF. Esto permitió focalizar los esfuerzos de mejora en áreas estratégicas.

Paso 6.2 Formulación de recomendaciones generales: Sobre la base de los hallazgos, se formularon recomendaciones generales orientadas a mejorar el desempeño del indicador. Estas incluyen mejoras en la gestión de inventarios, precisión en el registro de fechas, fortalecimiento de la transversalidad del OTIF en la organización y evaluación del impacto de modelos de venta complementarios como Trading. Si bien no se desarrollan planes de acción detallados, se entrega un marco conceptual que sustenta futuras intervenciones operativas.

Figura 1

Flujo ilustrativo de la metodología a emplear para el desarrollo de trabajo de titulación.



6. Historia Corporativa de CMPC

6.1 Orígenes y Expansión Nacional

La Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC) es una de las empresas forestales más importantes de Chile y Latinoamérica, con más de 100 años de trayectoria. Fue fundada en 1920 en Santiago de Chile, iniciando su producción de papeles, cartones y celulosa a base de paja de trigo en una fábrica ubicada en la comuna de Puente Alto.

A lo largo de las décadas, la compañía ha expandido sus operaciones con hitos clave en su crecimiento. En 1951, CMPC inauguró su fábrica de papel periódico y Kraft en Valdivia, mientras que en 1959 comenzó a operar su primera planta de celulosa en Laja, en el sur del país. Un año más tarde, en 1960, la empresa logró realizar la primera exportación de celulosa chilena a Sudamérica, marcando su entrada en los mercados internacionales.

6.2 Internacionalización y Crecimiento Global

Desde la década de 1990, CMPC ha llevado a cabo un proceso de expansión fuera de Chile. En 1991, realizó su primera inversión internacional al adquirir Química Estrella San Luis S.A. en Argentina, una empresa productora de pañales. En 1994, continuó con la adquisición de IPUSA en Uruguay y FABI en Argentina, consolidando su presencia en el sector de productos de higiene.

En 1995, CMPC se reestructuró como un holding con cinco áreas de negocio, que en 2013 fueron reorganizadas en cuatro divisiones principales: Forestal, Celulosa, Papeles, Tissue.

La compañía ha seguido expandiéndose en mercados clave, estableciendo presencia en Argentina, México, Colombia, Brasil, Perú, Finlandia y Estados Unidos.

En el año 2000, CMPC creó la Fundación CMPC, con el propósito de fortalecer la educación y la cultura en las comunidades donde la empresa opera, reafirmando su compromiso con el desarrollo. Actualmente, CMPC es considerada una de las compañías forestales más relevantes del hemisferio sur, con más de 17.000 trabajadores y operaciones en ocho países. La empresa abastece a más de 45 mercados internacionales, y su estrategia se ha centrado en la integración vertical, la eficiencia operativa y el desarrollo sostenible. Según su Reporte Integrado 2023, CMPC produjo más de 3 millones de toneladas de celulosa y exportó cerca de 2 millones de metros cúbicos de productos de madera, consolidando su rol como actor clave en la cadena de valor global del sector forestal (CMPC, 2023).

La visión estratégica de la empresa está basada en una operación sustentable y responsable. CMPC ha sido reconocida por índices como el Dow Jones Sustainability Index y forma parte de iniciativas como Science Based Targets para la reducción de emisiones de carbono. Tal como lo señala la propia compañía: “Nuestro propósito es contribuir a mejorar la vida de las personas a través de productos renovables que cuidan el planeta” (CMPC, s.f.).

6.3 CMPC Maderas: División y Operaciones

Dentro de sus divisiones, CMPC Maderas se especializa en la producción y comercialización de madera. Esta área cuenta con siete plantas en el sur de Chile y dos en Estados Unidos. Sus productos provienen de plantaciones propias de pino radiata, cuidadosamente cultivadas para garantizar una madera de alta calidad.

La capacidad productiva de CMPC Maderas alcanza aproximadamente 2 millones de metros cúbicos anuales en productos de madera, los cuales se comercializan en más de 40 países y cinco continentes, a través de grandes retailers y distribuidores especializados.

Dentro de la Gerencia Comercial de Maderas, los principales productos ofertados son: Madera remanufacturada, Plywood y Madera Aserrada.

Figura 2

Logotipo institucional de CMPC con su lema corporativo “Creando valor natural”, el cual refleja el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y el desarrollo de soluciones basadas en recursos renovables. Fuente: CMPC (s.f.).



7. Marco Teórico

En un contexto de creciente competitividad, globalización y digitalización de la cadena de suministro, la eficiencia en la entrega de productos se ha convertido en un factor clave para la rentabilidad y sostenibilidad de las empresas. En este escenario, uno de los indicadores más utilizados para evaluar el desempeño logístico es el OTIF (On Time In Full), el cual mide la capacidad de una organización para entregar los pedidos en la cantidad solicitada y dentro del plazo acordado con el cliente (Christopher, 2016).

La optimización del OTIF no solo influye directamente en la satisfacción del cliente, sino que también impacta en la reducción de costos operacionales, en un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y en una mayor precisión en la toma de decisiones estratégicas (Chopra & Meindl, 2019). En sectores con una alta dependencia de la logística, como la manufactura o la distribución de bienes de consumo, alcanzar niveles elevados de OTIF puede representar una ventaja competitiva significativa y sostenible.

En este contexto, la presente investigación busca analizar la relevancia del OTIF en el desempeño comercial y financiero de CMPC Maderas, explorando cómo las mejoras en este indicador pueden traducirse en retornos económicos concretos para la organización.

Con este propósito, el marco teórico se estructurará en cinco secciones. En primer lugar, se definirán los conceptos clave asociados al indicador OTIF y su relevancia en la gestión logística de la cadena de suministro. A continuación, se abordará el impacto del OTIF en las organizaciones, junto con los métodos existentes para la valoración financiera de KPIs operacionales. Posteriormente, se profundizará en las implicancias económicas de la mejora del OTIF y en el rol que desempeña la gestión del cambio organizacional para viabilizar estas mejoras. Finalmente, se

revisarán modelos de cuantificación y proyección financiera utilizados en contextos logísticos, que sustenten el uso de herramientas de regresión en esta investigación.

Esta revisión permitirá construir una base teórica sólida que oriente el análisis empírico del OTIF en CMPC Maderas, facilitando la identificación de estrategias que potencien su eficiencia operativa y su rentabilidad a largo plazo.

7.1 Logística y Cadena de Suministro

En un entorno empresarial caracterizado por la globalización, la alta dinámica de los mercados y un cliente cada vez más exigente e informado, la gestión eficiente de la cadena de suministro (Supply Chain Management, SCM) se ha consolidado como un factor crítico para la construcción de ventajas competitivas sostenibles. Según la Universidad Andrés Bello, la cadena de suministro puede definirse como “el proceso que se comprende desde la realización de un pedido por parte del cliente, hasta que el producto o servicio ha sido entregado”. Este proceso abarca múltiples etapas interconectadas, entre las que destacan:

Aprovisionamiento: gestión de la obtención de materias primas necesarias para la producción;

Producción: transformación de los insumos en productos terminados listos para su distribución;

Distribución: conjunto de actividades orientadas a garantizar que los productos lleguen al cliente final en tiempo y forma.

Esta red integrada de funciones logísticas no solo debe asegurar la entrega de productos, sino que debe hacerlo cumpliendo con las condiciones pactadas con el cliente y en consonancia con las exigencias del mercado actual.

Dentro de este marco, la logística adquiere un rol protagónico como disciplina encargada de planificar, implementar y controlar de forma eficiente el flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada, desde el punto de origen hasta el de consumo, con el propósito de satisfacer los requisitos del cliente (Council of Supply Chain Management Professionals, 2022). Lejos de ser una función operativa secundaria, la logística constituye un componente estratégico directamente vinculado con la experiencia del cliente y con los resultados financieros de las organizaciones.

En empresas de gran escala y presencia internacional, una cadena de suministro mal gestionada puede traducirse en sobrecostos significativos, pérdidas de clientes, deterioro de relaciones comerciales y afectaciones reputacionales. En ese sentido, el auge del comercio electrónico, la transformación digital y la globalización han elevado de forma considerable los estándares de servicio logístico. Actualmente, los clientes no solo esperan recibir sus productos, sino que demandan puntualidad, cumplimiento estricto de condiciones pactadas y visibilidad en tiempo real del estado de su pedido.

Ante este panorama, medir, monitorear y optimizar continuamente el desempeño logístico ha dejado de ser una opción y se ha convertido en una necesidad estratégica. De allí la relevancia de los indicadores clave de desempeño (KPI), como el OTIF (On Time In Full), los cuales permiten traducir la efectividad logística en métricas concretas que orienten la toma de decisiones.

Por tanto, el análisis y la valorización económica del indicador OTIF, eje central de esta investigación, se alinean con una tendencia global hacia cadenas de suministro más inteligentes, adaptativas y centradas en el cliente, en las cuales la eficiencia logística es un factor clave para la rentabilidad y sostenibilidad de las empresas.

7.2 Modelos de Producción y Estrategias de Inventario

La estrategia de producción adoptada por una empresa constituye un pilar fundamental en la configuración de su cadena de suministro, ya que influye directamente en la gestión de inventarios, la capacidad de respuesta al cliente y, en consecuencia, en el cumplimiento de los niveles de servicio esperados. Esta estrategia define cómo y cuándo se fabrican los productos en relación con la demanda, determinando aspectos críticos como los tiempos de entrega, los costos logísticos y operativos, y la exposición al riesgo ante variaciones en el mercado (Chopra & Meindl, 2019; Wisner et al., 2019).

Existen dos enfoques ampliamente reconocidos en la literatura: Make-to-Stock (MTS) y Make-to-Order (MTO), cuyas características generan implicancias sustancialmente distintas en el diseño de la cadena de valor.

El modelo Make-to-Stock (MTS), o "producir para almacenar", se basa en la fabricación de productos anticipadamente, utilizando pronósticos de demanda para su posterior almacenamiento como inventario de producto terminado. Este enfoque permite tiempos de respuesta cortos frente a la solicitud del cliente, al disponer de inventario disponible para despacho inmediato. El MTS resulta adecuado en contextos de alta demanda, productos estandarizados y producción a gran escala, donde la economía de costos unitarios es relevante y el servicio inmediato es un factor de diferenciación (Jacobs & Chase, 2018). No obstante, este modelo implica una alta inmovilización de capital y exposición a obsolescencia o sobrestock.

Por el contrario, el modelo Make-to-Order (MTO), o "producir bajo pedido", retrasa la fabricación del producto hasta que se ha recibido una orden de compra concreta. Este enfoque se ajusta especialmente a contextos donde los productos requieren altos niveles de personalización,

poseen mayor valor unitario o enfrentan una demanda menos predecible (Slack et al., 2013). En este sistema, los inventarios de producto terminado son mínimos, trasladando la flexibilidad y la capacidad de respuesta al proceso productivo. No obstante, el modelo también conlleva desafíos logísticos importantes, ya que puede implicar mayores tiempos de entrega y una mayor complejidad en la coordinación operativa.

En el caso específico de las firmas cuya estrategia de producción está orientada principalmente bajo un modelo Make-to-Order, dado que la fabricación y acondicionamiento de los productos se realiza en función de los requerimientos específicos de cada cliente. Este modelo, si bien otorga ventajas en términos de adaptabilidad y eficiencia en el uso del inventario, también presenta desafíos importantes en el cumplimiento del indicador OTIF, ya que cualquier ineficiencia en el flujo operativo puede traducirse directamente en incumplimientos de plazos o volúmenes, afectando la percepción del cliente y la eficiencia económica.

Por lo tanto, comprender cómo se articula la estrategia de producción con los flujos logísticos permite contextualizar adecuadamente los resultados de desempeño y es clave para el diseño de una metodología de valorización que capture de forma efectiva los costos de ineficiencia asociados al incumplimiento del OTIF.

7.3 El Indicador OTIF (On Time in Full)

En la actualidad, las organizaciones enfrentan el desafío de no solo entregar sus productos a tiempo, sino también de garantizar que lleguen completos y sin errores. Este estándar de cumplimiento se sintetiza en uno de los KPI más relevantes de la logística: el OTIF (On Time In Full), el cual mide el nivel de servicio de una empresa o en otras palabras el grado en que los pedidos llegan en la fecha pactada y con la totalidad de los productos solicitados.

La naturaleza del nombre que adopta el indicador hace referencia a las dos componentes en la cual se puede descomponer de forma esencial:

On Time: mide si el pedido llegó en la fecha o ventana de entrega acordada con el cliente.

In Full: verifica si se entregó la cantidad completa y correcta de productos solicitados.

Y la formula asociada a su cálculo regularmente empleada por la industria es:

Ecuación 1

Formula asociada al cálculo del OTIF

$$OTIF = \frac{\text{Número de pedidos cumplidos en tiempo y cantidad}}{\text{Total de pedidos}}$$

La relevancia de este KPI recae en que no solo refleja el desempeño operativo, sino también, la capacidad de una empresa para cumplir con los requerimientos de sus clientes en el tiempo esperado y con la cantidad acordada, lo que impacta directamente en la satisfacción del cliente y en la eficiencia operativa (Christopher, 2016).

Según la literatura analizada y como ya se mencionó anteriormente, el OTIF está directamente relacionado con la satisfacción del cliente, ya que cualquier desviación puede generar impactos negativos tales como: Reclamos y devoluciones, pérdida de confianza o fidelización, multas por incumplimiento contractual, costos operacionales por reprocesos o almacenaje adicional.

De igual forma, en sectores industriales con cadenas de suministro extensas, como manufacturero, el OTIF actúa como una aproximación del desempeño logístico total, igualmente,

el OTIF es uno de los principales indicadores de desempeño en la cadena de suministro, ya que permite evaluar la calidad del servicio brindado a los clientes. Su optimización requiere una gestión eficiente del inventario, una coordinación efectiva con proveedores y una planificación de la distribución alineada con la demanda del mercado (Rushton et al., 2014).

Según se reporta en la literatura dentro de los usos estratégicos que las compañías le dan al OTIF se encuentra la posibilidad de comparar diferentes negocios internos de una misma empresa, el establecimiento de metas corporativas y finalmente como soporte para la toma de decisiones tanto de inversión, modificación de procesos o la gestión de la relación con proveedores.

Finalmente cabe mencionar ciertas limitaciones que presenta el KPI estudiado las cuales tienen que ver principalmente con la no discriminación entre pedidos grandes y pequeños a nivel de SKU's y que requiere una alta tasa de trazabilidad en los sistemas de información, lo cual se dificulta en empresas de gran envergadura.

7.4 Impacto del OTIF en la Empresa

Como se mencionó en el punto anterior, si bien el OTIF se presenta como un indicador de servicio, su verdadero impacto trasciende la satisfacción del cliente, permeando directamente la estructura de costos y la rentabilidad de la cadena de suministro y en efecto en la rentabilidad de la empresa.

La literatura y la experiencia de la industria demuestran que las desviaciones en el OTIF, en la práctica, se traducen en una serie de sobrecostos operativos y pérdida de valor para la empresa, incluso en ausencia de penalizaciones contractuales directas por parte del cliente. Estos costos, a menudo 'ocultos' en las operaciones cotidianas, representan el verdadero impacto económico de un bajo desempeño del OTIF.

Con este contexto y a pesar de la dinámica particular de los diferentes mercados, la ineficiencia en la gestión de la cadena de suministro no solo impacta la productividad, sino que también conlleva costos significativos que pueden mermar la rentabilidad y competitividad de las organizaciones.

Estos costos se pueden clasificar y entender a través del concepto de los "Costos de la No-Calidad" aplicados a toda la gestión de venta, operaciones y a la logística, manifestándose en diversas áreas.

Según se define los estos Costos Ocultos o Costos de la No-calidad: son esos gastos innecesarios que no generan ningún tipo de productividad o funcionamiento práctico. Este tipo de costos ocultos surgen a partir de procesos ineficientes o innecesarios que se deben optimizar o eliminar en la empresa. (Revista Logistec, 2024).

Algunos de estos costos que se ha identificado en la literatura son, por ejemplo, ineficiencias operacionales, deterioro del inventario, problemáticas con los colaboradores, costos de devoluciones, los productos que permanecen en almacenamiento durante largos periodos y el transporte el cual aporta una buena parte de los costos ocultos que se deben, entre otras cosas a: vehículos subutilizados, erróneo diseño de rutas, rechazos y reenvíos de pedidos.

Todos estos costos evitables tienen un impacto directo el Cost-to-Serve (CTS) de la empresa. Un OTIF deficiente eleva el costo total de servir a un cliente específico, lo que inherentemente reduce la rentabilidad de las ventas y la eficiencia operativa general de la cadena de suministro. Por lo tanto, la mejora del OTIF no solo busca la satisfacción del cliente, sino que es una vía directa para optimizar la estructura de costos de la empresa y aumentar su margen operativo.

7.5 Valorización Financiera de KPI's Operacionales

En la gestión moderna de las empresas, una de las principales brechas se encuentra entre el seguimiento de indicadores clave de desempeño (KPI's) operacionales, que miden la eficiencia y la calidad de los procesos, y la traducción de su impacto en métricas financieras que son relevantes para la toma de decisiones estratégicas y la valoración del negocio. Si bien KPI's como el OTIF son fundamentales para la gestión diaria de la cadena de suministro, su verdadero valor estratégico y su capacidad para impulsar la mejora continua se maximizan cuando se cuantifican en términos monetarios.

Esta monetización cierra la brecha entre las métricas operativas y las financieras, demostrando cómo la mejora de un KPI se traduce directamente en ahorros de costos, optimización del capital de trabajo o incrementos de ingresos. La necesidad de esta traducción se hace evidente cuando se busca justificar inversiones en tecnología o procesos, o al alinear los objetivos operativos con las metas financieras de la organización (Chopra & Meindl, 2019).

Para lograr esta valoración, la industria emplea diversas metodologías y enfoques, dependiendo del KPI y del contexto específico. Entre los más comunes se encuentran:

7.5.1 *Análisis de Costos de la No-Calidad (Cost of Poor Quality - COPQ)*

Este enfoque, ampliamente utilizado en la manufactura y adaptable a la logística, busca cuantificar los gastos incurridos debido a fallas en los procesos. Se clasifican típicamente en:

Costos de Fallas Internas: Aquellos que se incurren antes de que el producto o servicio llegue al cliente (ej., reprocesos, retrabajo, inspecciones, adicionales, mermas).

Costos de Fallas Externas: Aquellos que surgen después de que el producto o servicio es entregado al cliente (ej., garantías, devoluciones, gestión de reclamos, multas por incumplimiento contractual, transporte invertido).

Al analizar el costo de la mala calidad, los gerentes y fabricantes pueden identificar las causas de la mala calidad tanto en la línea de producción como en la cadena de suministro.

Un desglose de los valores permite identificar las áreas donde surgen problemas de forma tal de poder enfrentarlos.

7.5.2 Modelos de Costo Total de Servir (Cost-to-Serve - CTS)

Estos modelos permiten una visión holística de los costos asociados a un activo o a un cliente. Al analizar cómo un KPI operacional influye en las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto o servicio, se puede determinar su impacto financiero. Un bajo OTIF eleva inherentemente el CTS de un cliente, ya que cada desviación de la entrega perfecta añade costos de expedición, resolución de problemas y gestión de inventario adicional (CSCMP, 2022). La optimización del OTIF, por ende, es un camino directo para reducir el CTS y mejorar la rentabilidad de las relaciones con los clientes.

7.5.3 Valoración del Capital de Trabajo y Costo de Oportunidad

Esta metodología es crucial para KPIs que impactan los ciclos operativos. Cada unidad monetaria de capital que permanece inmovilizada en inventario debido a ciclos de pedido o entrega prolongados, o a ineficiencias en la cadena de suministro, representa un costo financiero real para la empresa. Este costo de oportunidad se cuantifica utilizando el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) de la organización, que refleja la tasa de retorno que los inversionistas esperan obtener. Reducir los días de inventario o los tiempos de ciclo gracias a un mejor OTIF se traduce

directamente en una liberación de capital de trabajo, generando un ahorro financiero tangible para la empresa (Investopedia, 2024).

7.5.4 *Análisis de Retorno de la Inversión (ROI) y Payback:*

Aunque más asociados a proyectos de mejora, estos métodos se aplican para evaluar la rentabilidad de iniciativas que buscan optimizar KPIs. Al cuantificar los ahorros y beneficios monetarios generados por la mejora de un KPI, se puede calcular el ROI de las inversiones necesarias para lograr esa mejora, justificando así su implementación desde una perspectiva financiera (Propel Apps, 2025).

En síntesis, la valorización financiera de KPIs operacionales no solo justifica inversiones en mejoras de procesos al demostrar su retorno económico, sino que también proporciona una medición holística del desempeño, permitiendo una gestión más informada y orientada a la creación de valor para el accionista. La aplicación de estos métodos permite transformar la eficiencia operacional en una palanca estratégica para el crecimiento y la sostenibilidad financiera de la empresa.

7.6 Gestión del Cambio Organizacional

La implementación exitosa de nuevas estrategias, procesos o sistemas, como la optimización de un KPI, no depende únicamente de la solidez técnica del proyecto o de su justificación económica. Un factor crítico y a menudo subestimado es la capacidad de la organización para gestionar la transición y asegurar la adopción por parte de sus colaboradores (Kotter, 1996). Este desafío es el objeto de estudio de la Gestión del Cambio Organizacional (GCO), una disciplina dedicada a preparar, equipar y apoyar a los individuos y equipos para que transiten con éxito de un estado actual a un estado futuro deseado. Esta necesidad de adaptación es cada vez más apremiante en un entorno de "cambiar o morir" debido a diversas crisis

convergentes (Mikhailova, 2022; Gencer & Batirlik, 2023). Históricamente, las iniciativas de cambio organizacional han enfrentado altas tasas de fracaso, lo que subraya la criticidad de una gestión del cambio efectiva (Parker, 1980; Waters, Salipante Jr., & Notz, 1978).

La resistencia al cambio es un fenómeno natural y multifacético que puede surgir de diversas fuentes, como el miedo a lo desconocido, la pérdida de control, la incertidumbre sobre nuevas habilidades requeridas, la interrupción de rutinas establecidas, o la percepción de que el cambio no es necesario o beneficioso (Lewin, 1951; Maurer, 1996). Además, factores motivacionales y emocionales, como la falta de control percibido o sentimientos de desesperanza, pueden intensificar la resistencia (De Keyser, Guiette, & Vandenbempt, 2021; Scheier et al., 1986). Si no se aborda de manera efectiva, esta resistencia puede socavar incluso los proyectos mejor diseñados, derivando en baja adopción, ineficiencias persistentes y, en última instancia, en el fracaso de la iniciativa.

Diversos modelos y teorías de GCO proporcionan marcos estructurados para abordar estos desafíos:

7.6.1 El Modelo de Tres Etapas de Lewin

Propuesto por Kurt Lewin (1951), este modelo es uno de los pilares de la GCO. Sugiere que para que el cambio sea sostenible, la organización debe primero "descongelar" el estado actual (identificar la necesidad y el problema, crear urgencia), luego implementar el "cambio" (introducir nuevas prácticas, sistemas, métricas) y finalmente "recogerlar" (solidificar las nuevas formas de trabajar en la cultura organizacional para evitar el retroceso). La etapa de "descongelamiento" es crucial para superar la resistencia inicial.

7.6.2 *Los Ocho Pasos de Kotter para Liderar el Cambio*

John P. Kotter (1996), profesor de la Harvard Business School, propuso un modelo más detallado y enfocado en el liderazgo del cambio. Sus pasos incluyen:

- Crear sentido de urgencia.
- Formar una coalición potente.
- Crear una visión y estrategia.
- Comunicar la visión del cambio.
- Eliminar los obstáculos.
- Asegurar triunfos a corto plazo.
- Construir sobre el cambio.
- Anclar los nuevos enfoques en la cultura. Este modelo enfatiza la importancia de una comunicación clara y persuasiva, así como la necesidad de demostrar beneficios tangibles para mantener el impulso.

7.6.3 *El Modelo ADKAR*

Desarrollado por Prosci en 2006 (Hiatt, 2006), el modelo ADKAR es un acrónimo que representa los cinco resultados individuales que deben alcanzarse para que el cambio sea exitoso: Awareness (Conciencia de la necesidad de cambio), Desire (Deseo de participar y apoyar el cambio), Knowledge (Conocimiento sobre cómo cambiar), Ability (Habilidad para implementar el cambio) y Reinforcement (Refuerzo para mantener el cambio). Este modelo subraya que el cambio organizacional exitoso se logra a través del cambio individual y se fundamenta en principios psicológicos, como los de la Teoría de la Autodeterminación, la cual postula que la satisfacción de necesidades psicológicas básicas (competencia, autonomía y relación) impulsa una

motivación de alta calidad y el bienestar emocional necesarios para iniciar y apoyar un cambio exitoso (Deci & Ryan, 2014; Krauter, 2023).

En este contexto, la valoración financiera de un KPI sirve como una herramienta poderosa dentro de la Gestión del Cambio Organizacional. Al cuantificar el impacto económico de las ineficiencias de un proceso productivo y los ahorros potenciales de su mejora, se crea un sentido de urgencia y una justificación clara en un lenguaje que resuena con la alta dirección y los colaboradores. Los resultados monetarios proporcionan la "conciencia" necesaria y un incentivo tangible para generar el "deseo" de adoptar nuevas prácticas, elementos críticos que la literatura en gestión del cambio y motivación subraya como fundamentales para la adopción individual (Deci & Ryan, 2014; Krauter, 2023).

Demostrar el impacto directo en la rentabilidad no solo facilita la aprobación de recursos, sino que también ayuda a superar la barrera cultural al presentar el cambio no como una carga operativa, sino como una oportunidad de generar valor económico real para la empresa.

7.7 Modelización Cuantitativa en Entornos Logísticos

En el complejo y dinámico ámbito de la comercialización de productos, la modelización cuantitativa se ha consolidado como una herramienta indispensable para comprender el desempeño, prever resultados y fundamentar decisiones estratégicas dentro de las empresas (Chopra & Meindl, 2020; Simchi-Levi, Kaminsky, & Simchi-Levi, 2004). Esta disciplina aplica métodos matemáticos, estadísticos y computacionales para construir representaciones simplificadas de sistemas logísticos complejos, permitiendo analizar relaciones entre variables y simular escenarios futuros. El objetivo principal es transformar datos brutos en información accionable y entendible, es facilitar la identificación de ineficiencias, la optimización de procesos

y la cuantificación de impactos económicos de los procesos analizados. La adopción de la modelización cuantitativa en logística se justifica por la creciente cantidad de datos que se generan en las operaciones, la necesidad de gestionar múltiples variables interconectadas (inventarios, transporte, tiempos de ciclo, niveles de servicio) y la presión constante por mejorar la eficiencia y la rentabilidad (Ballou, 2004; Rushton, Croucher, & Baker, 2017).

Para abordar estos desafíos, se emplean diversas técnicas:

La adopción de la modelización cuantitativa en logística se justifica por varios factores: la gran cantidad de datos que se generan en las operaciones, la necesidad de gestionar múltiples variables interconectadas (inventarios, transporte, tiempos de ciclo, niveles de servicio) y la presión constante por mejorar la eficiencia y la rentabilidad. Para abordar estos desafíos, se emplean diversas técnicas:

7.7.1 *Análisis de Regresión*

Análisis de Regresión. Este método estadístico es fundamental para identificar y cuantificar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes (Hair et al., 2019; Gujarati & Porter, 2009). En entornos logísticos, la regresión permite modelar cómo variables operacionales impactan en variables de desempeño o costos financieros, proporcionando una base empírica para la toma de decisiones y proyecciones. Dentro del análisis de regresión existen varios tipos, pero los más comunes son la regresión lineal y la regresión múltiple (Wooldridge, 2016):

- **Regresión lineal:** Se usa cuando la relación entre las variables es lineal. Esto significa que cuando una variable independiente cambia, la dependiente cambia en una dirección específica a un ritmo constante.

- **Regresión múltiple:** Se aplica cuando queremos analizar el impacto de dos o más variables independientes sobre una variable dependiente.
- **Coefficientes de regresión:** Son valores que indican la intensidad y la dirección de la relación entre una variable independiente y la variable dependiente (Montgomery, Peck, & Vining, 2021).

Una vez que se han establecido las relaciones entre variables a través de modelos, la modelización cuantitativa permite realizar proyecciones del desempeño futuro. Esto implica estimar los resultados esperados, bajo diferentes escenarios operativos.

El Análisis de Sensibilidad, el cual es complementario a las proyecciones, busca evaluar cómo los resultados del modelo varían ante cambios en las suposiciones o parámetros clave (Hillier & Lieberman, 2015). Esta técnica es vital para comprender la robustez de las proyecciones y para identificar las variables que tienen un mayor impacto en los resultados. La integración de estas técnicas de modelización cuantitativa ayuda a las empresas a poder tomar decisiones en base a datos que permiten:

1. Cuantificar el impacto económico de las ineficiencias.
2. Pronosticar los beneficios de las mejoras operacionales.
3. Justificar las inversiones con un argumento financiero sólido.
4. Evaluar la robustez de sus planes frente a la incertidumbre.

Al aplicar estos principios, es posible transformar el análisis de datos logísticos en una herramienta estratégica que soporta la toma de decisiones basada en evidencia y contribuye directamente a la creación de valor para la organización.

8. Desarrollo

Esta sección desarrolla la aplicación práctica de la metodología expuesta en el Capítulo 5, con el propósito de abordar los objetivos definidos en esta investigación. Se presenta el proceso de inmersión en la operación de CMPC Maderas, la recopilación y análisis de datos históricos, la caracterización de los costos de ineficiencia vinculados al indicador OTIF, así como la modelización cuantitativa de su impacto y los resultados financieros obtenidos. Este capítulo constituye el núcleo de la memoria, al traducir el marco teórico en un análisis empírico y cuantificable que se adapta al contexto operativo específico de la compañía.

Para garantizar la rigurosidad y precisión del análisis, la primera actividad de esta etapa consistió en consolidar una definición clara y compartida de cómo CMPC Maderas interpreta, mide y gestiona el indicador OTIF. Este proceso incluyó la revisión detallada de la documentación interna de la compañía, complementada con la validación directa por parte de los equipos responsables de su seguimiento.

Se corroboró que el indicador OTIF en CMPC Maderas mantiene una estructura alineada con lo reportado en la literatura, desglosándose en dos dimensiones principales:

On-Time (A Tiempo): Representa el cumplimiento de la fecha de entrega prometida al cliente. Un pedido se considera "On-Time" si es despachado antes o el mismo día de la fecha Preferente de Entrega (FPE), la cual se determina siguiendo criterios estandarizados que varían según el destino. En el caso de ser un pedido de exportación la fecha preferente a entrega se calcula considerando: Fecha de embarque requerida, más el transit time promedio del mercado (país) al cual está asociado el pedido. En el caso de ser un pedido de mercado nacional la fecha preferente a entrega se define considerando: Fecha de

creación del pedido. En el caso de CMPC maderas el parámetro On time se define de forma binaria, es decir, 1 si cumple con la entrega antes o en la FPE, o 0 en caso contrario.

In-Full (Completo): Evalúa la entrega de la cantidad solicitada por el cliente. Se considera cumplido si el volumen despachado coincide exactamente con el ordenado, salvo en el negocio de madera aserrada donde se admite una tolerancia de $\pm 10\%$. Este parámetro se expresa como porcentaje, variando entre 0% y 100% según la proporción efectivamente entregada.

El cálculo del OTIF se realiza mensualmente, considerando cada pedido-posición de forma individual. Se obtiene un OTIF unitario al multiplicar On-Time por In-Full, y luego se calcula un promedio mensual ponderado. Este proceso se realiza utilizando los sistemas de información corporativos, principalmente SAP, lo que permite consolidar la base de datos necesaria para el análisis histórico.

Para el desarrollo de este trabajo de título, se recopiló una serie histórica correspondiente al año 2024 y fracción del 2025 (mayo 2025) siendo la disponibilidad de datos existentes. La elección de este periodo permite capturar la variabilidad operativa y estacional reciente, entregando una base representativa y actualizada del comportamiento del indicador OTIF. A partir de estos datos se construyó una línea base enfocada en el periodo 2024, sobre la cual se desarrollaron tanto el análisis de ineficiencias como la modelización económica de sus efectos.

8.1 Levantamiento y Evaluación del Flujo del Proceso Logístico

Con el objetivo de comprender en profundidad los factores que influyen en el desempeño del indicador OTIF, se llevó a cabo un levantamiento exhaustivo del flujo operativo que rige el proceso de despacho de productos terminados en CMPC Maderas. Este análisis abarcó todas las etapas críticas, desde la recepción de la solicitud de pedido hasta la entrega final al cliente. En el

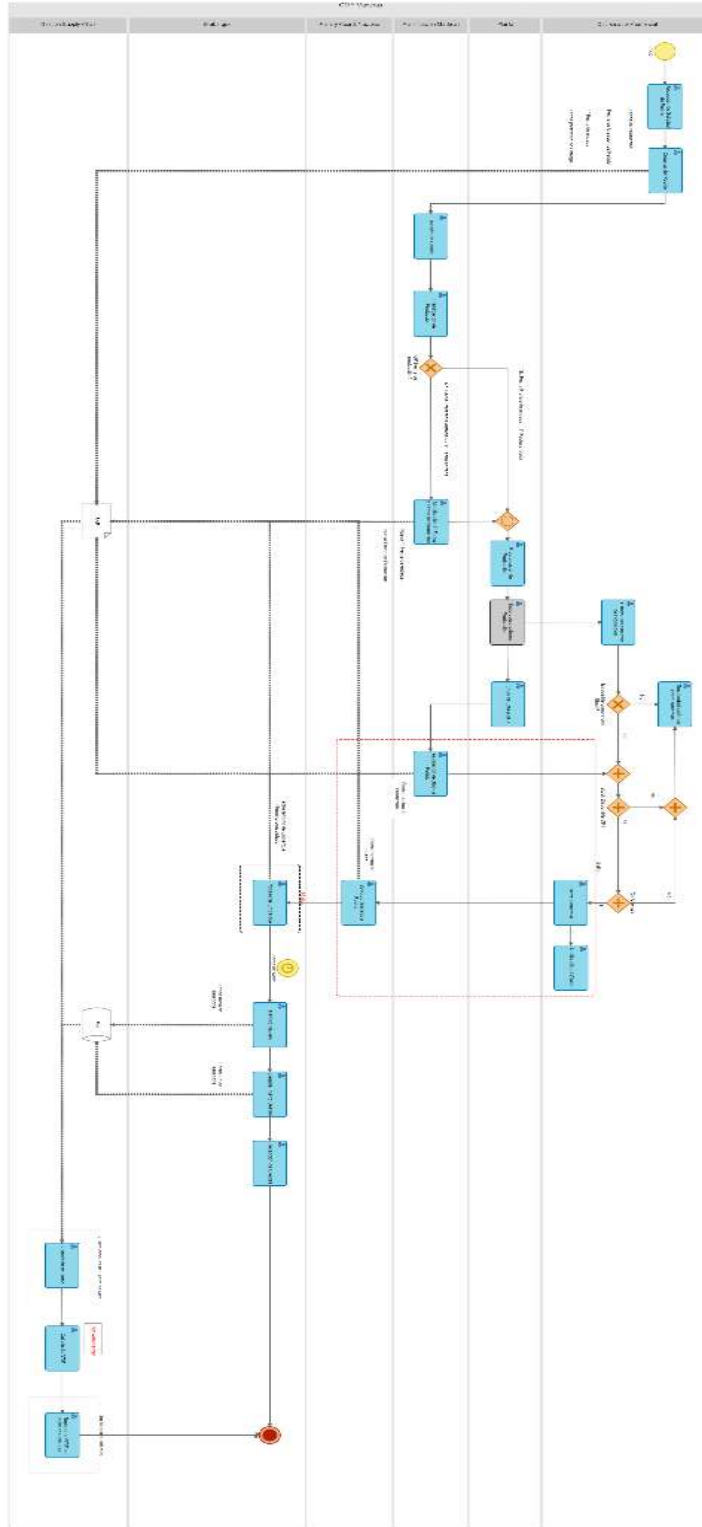
caso específico de las operaciones de exportación, el seguimiento se extendió hasta la llegada efectiva de la carga al puerto de destino, fecha utilizada por la compañía como base para el cálculo interno del indicador OTIF y la generación de los reportes mensuales.

Dado que CMPC Maderas opera bajo un modelo de producción Make-to-Order (MTO), en el que la fabricación se inicia únicamente tras la confirmación del pedido por parte del cliente, el flujo logístico adquiere una importancia estratégica. En este contexto, cualquier desviación en los tiempos o volúmenes comprometidos afecta directamente la capacidad de cumplimiento del OTIF. Además, se incrementan los costos de ineficiencia relacionados con reprocesos, ajustes logísticos y, en algunos casos, pérdida de ventas o reputación.

Para visualizar y comprender de manera estructurada este flujo, se elaboró un diagrama detallado del proceso logístico general, el cual se presenta en la Figura 3. Este diagrama recoge la secuencia operativa desde la confirmación de la oferta hasta la recepción del producto por parte del cliente, e identifica los distintos actores internos involucrados en cada etapa, incluyendo planificación comercial, producción, logística, transporte y documentación.

Figura 3

Flujo abarcado por el OTIF en CMPC maderas, levantado por equipo de Order to Cash



El análisis del flujo permitió identificar etapas críticas dentro del proceso, las cuales son monitoreadas a través de distintos acuerdos de nivel de servicio (Service Level Agreements, SLAs). Estas etapas son:

- Entrega de oferta
- Ingreso de pedidos
- Cumplimiento del plan de producción
- Instrucción de embarque
- Cumplimiento del despacho
- Gestión de embarque
- Tiempo de tránsito

La identificación de estas etapas resulta esencial para comprender cómo cada hito intermedio incide en el resultado final del OTIF y en los costos asociados a su incumplimiento.

Para complementar la información levantada a nivel documental y de sistemas, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con actores clave pertenecientes a distintas áreas funcionales de la cadena de suministro. Esta estrategia permitió incorporar una perspectiva cualitativa que enriqueció el análisis, al evidenciar tanto las principales ineficiencias operativas como los “puntos de dolor” que no siempre son visibles en los reportes formales. Además, se identificaron causas raíz de las desviaciones del OTIF, permitiendo estructurar un diagnóstico más integral que será clave en la valoración posterior de los costos de ineficiencia.

8.2 Levantamiento de entrevistas clave

Como parte del diagnóstico cualitativo, se llevó a cabo un levantamiento mediante entrevistas semiestructuradas a actores clave que participan directamente en distintas fases del proceso logístico-comercial de CMPC Maderas. Las entrevistas incluyeron representantes de las áreas de Planificación Comercial, Logística Operativa, Costos, Transformación Digital, Customer Experience (CX), Marketing, Soporte Técnico, Operaciones en Planta, Puerto y Gestión de Calidad.

Este proceso de levantamiento permitió identificar una serie de factores críticos recurrentes que inciden de manera directa en el desempeño del indicador OTIF, y que además están asociados a la generación de costos evitables dentro de la operación.:

Uno de los aspectos más relevantes fue la gestión de inventarios y la tendencia a la acumulación de producto terminado. Si bien en el flujo formal de procesos (Figura 3) se contempla el despacho del producto hacia bodegas de producto terminado, en la práctica se constató que CMPC Maderas ha debido incurrir en el uso de bodegas intermedias y extraportuarias. Estas instancias no están consideradas en la planificación ideal del proceso y, según los encargados de Logística Operativa y Costos, constituyen ineficiencias puras, generando gastos innecesarios de almacenamiento, aumento en los tiempos de traslado y una mayor exposición al deterioro del producto.

Dicha situación se agrava considerando que CMPC Maderas opera principalmente bajo un modelo Make-to-Order (MTO), donde la lógica productiva se basa en fabricar posterior a la confirmación de la orden del cliente. En este modelo, la acumulación de stock debería ser mínima. Sin embargo, se han identificado casos donde las plantas optan por sobreproducir como medida

preventiva frente a posibles anulaciones de pedidos o contingencias logísticas, lo que genera inmovilización de capital y desalineación estratégica.

Otro hallazgo relevante fue la imprecisión en el registro de las fechas de entrega preferentes por parte de los gestores de venta. Se detectaron inconsistencias en la carga de estos datos en los sistemas internos, lo que repercute en la planificación operativa y en la coordinación logística, afectando directamente el cumplimiento del OTIF.

Adicionalmente, se identificaron costos asociados a la sobrestadía portuaria, generados por la permanencia de la mercadería en puerto más allá de los plazos operativos establecidos. Estos costos se suman a otros impactos negativos derivados de la inmovilización del producto, tales como el deterioro de la calidad, especialmente tratándose de madera, y la necesidad de reprocesos. En tales casos, el producto debe ser retornado a planta, sometido a trabajos correctivos, y nuevamente trasladado al puerto, incrementando significativamente los costos operativos.

Finalmente, se observó que los productos que no cumplen con los estándares del mercado internacional y deben ser redestinados al mercado nacional enfrentan una pérdida de margen significativa, debido a la diferencia en precios entre ambos segmentos.

La identificación de estos factores permitió establecer una conexión directa entre las desviaciones del OTIF y la aparición de costos evitables, constituyendo un insumo clave para la etapa posterior de modelización y valoración económica.

8.3 Valoración Económica del Incumplimiento

A partir de la caracterización de los puntos críticos detectados, se elaboró una tipología de costos evitables directamente atribuibles al bajo desempeño del OTIF, considerando tanto su dimensión On Time como In Full. Estos costos representan actividades no contempladas en un

flujo logístico eficiente y, por tanto, no previstas en la determinación de la Fecha Preferente de Entrega (FPE). Su ocurrencia implica pérdidas económicas para la organización, ya sea por generación de reprocesos, pérdidas de margen o sobrecostos logísticos.

Para estructurar este análisis, los costos fueron organizados en dos categorías, siguiendo una adaptación del marco conceptual de Costos de la No Calidad (COPQ) al contexto logístico-operacional de CMPC Maderas:

Costos asociados a eventos discretos de incumplimiento: aquellos que surgen directamente de desviaciones puntuales respecto al cumplimiento del OTIF (por ejemplo, reprocesos, reexpediciones, devoluciones, pérdidas de margen).

Costos relacionados con tiempos de ciclo extendidos: aquellos que resultan del alargamiento innecesario del ciclo logístico, como inventario inmovilizado y almacenamiento adicional, generando gastos financieros u operativos por mantener productos fuera del flujo óptimo.

Metodología de Cuantificación Monetaria

La cuantificación se realizó para el periodo anual 2024, utilizando como fuente principal los datos entregados por las áreas operativas involucradas. La estimación mensual de cada ítem fue consolidada para obtener una valoración anual total. A continuación, se detalla la metodología utilizada para cada categoría de costo:

- **Reexpediciones:** Se calcularon sumando los costos adicionales en que incurrió la empresa por reenvíos, reprogramaciones y cambios de destino logístico. Estos valores fueron proporcionados por el área de Logística Operativa, con base en reportes internos mensuales.

- Reprocesos: Se incluyeron los costos asociados a mano de obra, uso de maquinaria y materiales requeridos para reelaborar productos que perdieron calidad durante el tiempo de espera o fueron rechazados por no cumplir estándares. La estimación fue realizada en conjunto con el área de Planta y Calidad.
- Almacenamiento adicional: Considera el costo mensual de mantener inventario más allá del tiempo previsto, utilizando tarifas de bodegaje (arriendo, servicios, depreciación) y volumen promedio de productos almacenados por más tiempo del estipulado. Se incluyeron también los gastos incurridos en bodegas intermedias y extraportuarias, las cuales, según el testimonio de los encargados de Logística Operativa y Costos, son consideradas ineficiencias puras dentro del modelo MTO que opera la empresa.
- Inventario inmovilizado – costo de oportunidad: Se estimó aplicando el WACC de CMPC Maderas al valor promedio de inventario inmovilizado durante cada periodo, cuantificando el capital que pudo haber sido invertido de manera más eficiente utilizando el valor del costo invertido el cual se justifica porque refleja integralmente el capital invertido en cada unidad de producto, permite calcular un costo financiero realista y mantiene consistencia contable y metodológica con las prácticas de valorización de inventario de la empresa.
- Devoluciones de dinero por reclamos: Se consideraron los montos efectivamente reembolsados a clientes producto de fallas en el servicio de entrega, reportados por el área de Servicio al Cliente.
- Demurrage: Se contabilizaron los costos generados por sobreestadía en puerto, aplicando la tarifa diaria de penalización sobre los días que excedieron el tiempo libre contractual. Dentro de este ítem se consideraron también los costos asociados al uso de bodegas extraportuarias.

- Pérdida de margen por desvío de mercado: A través de entrevistas con el área Comercial y análisis de volúmenes de venta, se estimó que aproximadamente un 0,1% del volumen facturado anualmente es desviado desde el mercado internacional al mercado nacional por incumplimientos OTIF. Dado que el valor por metro cúbico disminuye en promedio un 20% en el mercado local, esta diferencia fue utilizada como base para calcular la pérdida económica asociada.
- Costo de bodega extraportuaria: Se identificó que, pese a que el flujo logístico formal considera el despacho directo a bodegas de producto terminado las cuales están ubicadas en planta, en la práctica, parte del volumen es redirigido a bodegas externas, principalmente extraportuarias, las cuales no forman parte del diseño original del proceso y son a las cuales se recurre una vez que en puerto la carga excede los días libre de costo.

8.4 Establecimiento de la Línea Base de Costos de Ineficiencia del OTIF

Una vez identificadas, clasificadas y valoradas monetariamente las distintas categorías de costos evitables asociados al bajo desempeño del indicador OTIF, se procedió a consolidar estos resultados en una línea base económica. Este paso tiene como objetivo establecer una Línea Base Monetaria de la Ineficiencia del OTIF, entendida como la cuantificación del impacto financiero actual derivado de los incumplimientos del indicador dentro del periodo anual 2024.

Esta línea base constituye una fotografía representativa del estado actual de las ineficiencias logísticas de CMPC Maderas, proporcionando una medición integral y específica de los costos que podrían ser potencialmente evitados si se alcanzara un desempeño óptimo en el cumplimiento del OTIF. Al establecer este punto de partida, se habilita la posibilidad de realizar comparaciones futuras ante la implementación de mejoras, sirviendo como referencia para evaluar el retorno financiero de iniciativas de optimización.

Además, la línea base permite priorizar áreas de intervención, al visibilizar cuáles son las fuentes más relevantes de costos evitables, ya sea por su frecuencia, su magnitud económica, o por su persistencia en el tiempo. De este modo, se transforma en un insumo clave para la planificación estratégica, la asignación eficiente de recursos y la justificación de inversiones orientadas a mejorar el desempeño logístico y comercial de la compañía.

8.5 Modelado de la Relación OTIF-Costos y Proyección de Ahorros

Con el objetivo de cuantificar el impacto del desempeño mensual del indicador OTIF sobre los costos totales de ineficiencia detectados, se implementó un modelo de regresión lineal simple. En este modelo, la variable dependiente corresponde al logaritmo natural del costo total mensual de ineficiencia, mientras que la variable explicativa es el porcentaje de cumplimiento mensual del OTIF.

La elección de una especificación log-lineal responde a consideraciones estadísticas y teóricas. Desde el punto de vista técnico, la transformación logarítmica de la variable dependiente permite estabilizar la varianza, reduciendo la heterocedasticidad, y mejora el ajuste del modelo en comparación con una regresión lineal tradicional. Además, facilita una interpretación semi-elástica del coeficiente estimado, es decir, permite inferir el cambio porcentual en los costos ante una variación marginal en el desempeño del OTIF.

La especificación del modelo adoptado es la siguiente:

Ecuación 2

Muestra la forma que adoptara el modelo obtenido por medio del análisis regresivo planteado

$$\text{Ln}(Y) = \beta_0 + \beta_1(X) + \epsilon$$

- Y: Costo Total de Ineficiencia (US\$)
- X: Porcentaje de OTIF
- β_0 : Intercepto (valor de Y cuando X es cero)
- β_1 : Coeficiente de regresión (cambio en Y por cada unidad de cambio en X)
- ϵ : Término de error

El análisis se aplicó sobre los 17 meses de los cuales se obtuvo la data, utilizando los datos mensuales consolidados de cumplimiento OTIF y la suma de los costos monetarios asociados a las ineficiencias identificadas en la línea base en cada uno de los meses. Este enfoque permitió proyectar distintos escenarios de ahorro financiero ante mejoras graduales en el desempeño del indicador OTIF, lo que constituye una herramienta relevante para la toma de decisiones estratégicas en la organización.

8.6 Validación de Supuestos del Modelo de Regresión

Con el propósito de asegurar la validez estadística del modelo de regresión planteado en la sección anterior, se procedió a la evaluación rigurosa de los supuestos clásicos de la regresión lineal, los cuales son esenciales para garantizar la confiabilidad de las estimaciones y la capacidad predictiva del modelo.

La validación de estos supuestos permitió corroborar la robustez de la relación log-lineal entre el indicador OTIF y los costos mensuales de ineficiencia, habilitando el uso del modelo como herramienta confiable para la proyección de ahorros y la fundamentación de decisiones estratégicas en CMPC Maderas.

Uno de los aspectos centrales de esta validación fue el análisis de los residuales, definidos como la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo. Este análisis

se enfocó en comprobar que los residuales se comportaran como ruido blanco, es decir, que no contuvieran patrones sistemáticos y se distribuyeran de manera aleatoria. Para ello, se evaluaron los siguientes criterios:

- No autocorrelación de los errores: Se aplicó el estadístico de Durbin-Watson con el objetivo de detectar autocorrelación serial en los residuales. Un valor cercano a 2 indica ausencia de correlación, condición que se cumple en el presente análisis.
- Media cero de los residuales: Se verificó que los errores se distribuyeran de manera centrada en cero, lo que indica la ausencia de sesgo sistemático en las predicciones del modelo. Esta condición fue evaluada mediante el análisis gráfico.
- Homocedasticidad: Se examinó la constancia de la varianza de los residuales a lo largo del rango de valores predichos. Este análisis se realizó mediante gráficos de dispersión de los residuales versus los valores ajustados, observándose una distribución aleatoria sin patrón de abanico, lo que confirma la homocedasticidad del modelo.

La satisfacción de estos supuestos otorga validez al modelo de regresión log-lineal como una representación adecuada del comportamiento observado, y refuerza su utilidad para proyectar escenarios futuros de ahorro bajo distintas hipótesis de mejora en el desempeño del OTIF.

8.7 Proyección de Ahorros por Mejora del OTIF

A partir del modelo de regresión log-lineal estimado en la etapa anterior, se procedió a proyectar los ahorros económicos potenciales que CMPC Maderas podría alcanzar mediante mejoras en su nivel de cumplimiento del indicador OTIF. Este ejercicio se sustenta en la hipótesis de que la relación identificada entre el porcentaje mensual de cumplimiento OTIF y los costos

totales de ineficiencia se mantiene estable en el corto y mediano plazo, replicando la dinámica observada durante el año 2024.

Para estimar los costos de ineficiencia asociados a distintos niveles de OTIF objetivo, se utilizó la siguiente expresión, derivada del modelo:

Ecuación 3

Muestra la ecuación que permite obtener el costo evitable asociado a un nivel de objetivo de cumplimiento OTIF

$$Y = e^{(\beta_1 \times OTIF + \beta_0)}$$

- Y: Costo Total de Ineficiencia (US\$)
- X: Porcentaje de OTIF
- β_0 : Intercepto (valor de Y cuando X es cero)
- β_1 : Coeficiente de regresión (cambio en Y por cada unidad de cambio en X)

Esta ecuación permite obtener una estimación del costo mensual de ineficiencia para un nivel específico de OTIF. A partir de estas estimaciones, se calcularon los ahorros anuales como la diferencia entre el costo asociado al OTIF observado (línea base) y los costos proyectados bajo distintos escenarios de mejora.

Escenarios de Mejora del OTIF

Con el fin de dimensionar el impacto financiero de distintos objetivos operacionales, se definieron tres escenarios progresivos de mejora en el cumplimiento OTIF, los cuales representan diferentes grados de ambición desde una perspectiva de gestión:

- Escenario 1 – OTIF objetivo: 60% Representa una mejora moderada respecto al promedio actual, factible de alcanzar en el corto plazo mediante acciones tácticas de optimización.
- Escenario 2 – OTIF objetivo: 75% Corresponde a un escenario de mejora sostenida, vinculado a una gestión madura y coordinada de toda la cadena logística.
- Escenario 3 – OTIF objetivo: 90% Refleja un horizonte ambicioso de excelencia operacional, alineado con los estándares internacionales y las metas corporativas definidas hacia el año 2030.

Cada uno de estos escenarios fue evaluado en términos de su potencial de ahorro anual, considerando el conjunto de costos evitables estimados en la línea base y la relación cuantificada por el modelo de regresión.

9. Resultados

9.1 Presentación de la Línea Base de Costos y Desempeño del OTIF

Una vez identificados y categorizados los costos evitables asociados al bajo desempeño del indicador OTIF, se procedió a cuantificar su impacto económico total para el período completo correspondiente al año 2024. Este ejercicio permitió establecer la línea base monetaria de las ineficiencias logísticas actuales en CMPC Maderas, constituyendo un insumo clave para el modelamiento posterior.

La cuantificación fue realizada mediante la recopilación sistemática de datos operacionales mensuales, integrando la información proporcionada por las distintas áreas responsables. Se aplicaron los criterios de asignación definidos previamente para cada categoría de costo, garantizando la consistencia metodológica del análisis.

El resultado consolidado se presenta en la Tabla 1, que detalla el costo total anual incurrido por cada categoría identificada, así como su proporción relativa respecto del total de costos evitables atribuibles al bajo desempeño del OTIF durante el año 2024

Tabla 1

Categorización de Costos evitables cuantificados en \$US así como su proporción del total identificado

Categoría de Costo Evitable	Costo Total (US\$)	Proporción sobre el Total
Inventario	\$ 1.814.911	38,6%
Costo oportunidad Inventario	\$ 1.015.306	21,6%
Reexpediciones	\$ 191.202	4,1%
Degradación de precio	\$ 464.399	9,9%
Reclamos	\$ 576.873	12,3%
Transporte extra	\$ 633.911	13,5%
Extraportuaria	\$ 280	0,01%
Costo Total Ineficiencia	\$ 4.696.882	100,0%
OTIF Promedio del Período	49%	

Este diagnóstico económico representa el punto de referencia clave a partir del cual se estructura el análisis econométrico de la relación OTIF-costos, así como las proyecciones de ahorro financiero potencial derivadas de mejoras en el nivel de cumplimiento. La información contenida en esta línea base permite visibilizar de manera concreta las ineficiencias actuales, facilitando una toma de decisiones informada y orientada a la optimización operativa.

9.2 Análisis de regresión

Con el propósito de cuantificar la relación existente entre el desempeño del OTIF y los costos evitables identificados en la línea base, se aplicó un modelo de regresión lineal simple. Este análisis buscó establecer una relación funcional entre el porcentaje mensual de cumplimiento OTIF (variable explicativa) y el logaritmo natural de los costos totales evitables (variable dependiente), en línea con la especificación presentada en la sección anterior.

Para asegurar la validez estadística del modelo, se verificó el cumplimiento de los supuestos clásicos de la regresión lineal: normalidad de los residuales, homocedasticidad y

ausencia de autocorrelación. La revisión de estos supuestos se abordó mediante análisis gráficos y estadísticos, incluyendo el estadístico de Durbin-Watson y pruebas de normalidad.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2

Muestra los Coeficientes obtenidos por medio de la herramienta “análisis de datos” de la regresión planteada

Coeficiente	Valor del Coeficiente	Error Estándar	Valor P	Intervalo de Confianza (95%)
Intercepto (β_0)	14,33	0,29	< 0.0000000001	[13.70; 14.96]
OTIF (β_1)	-3,07	0,56	0.00008	[-4.27; -1.87]

Tabla 3

Métricas de Ajuste del Modelo

Métricas de Ajuste	Valor
R-cuadrado (R ²)	0,683
Número de Observaciones	16

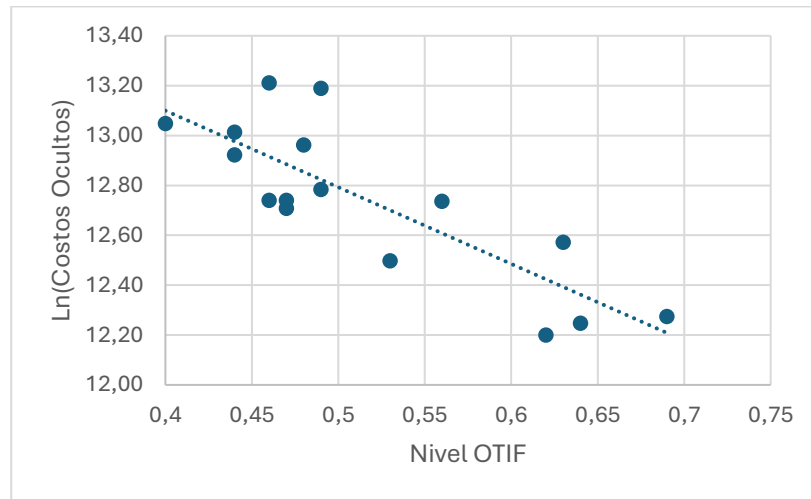
Ecuación 4

Muestra la regresión resultante obtenida a partir de los datos recopilados desde enero del 2024 a mayo del 2025

$$\text{Ln(Costos Evitables)} = -3,07 * \text{OTIF} + 14,33$$

Figura 4

Muestra el análisis grafico del comportamiento de los costos Evitables cuantificados en función del OTIF asociado a cada mes



En base a los resultados obtenidos, se puede afirmar que el modelo de regresión estimado presenta significancia estadística, respaldada por la prueba F ($F = 30,14$; $p = 0,00008$), lo cual permite rechazar la hipótesis nula de que el modelo carece de capacidad explicativa. El coeficiente de regresión correspondiente al OTIF ($\beta_1 = -3,07$) resulta negativo y estadísticamente significativo ($p = 0,00008$), confirmando una relación inversa entre el nivel de cumplimiento del indicador y los costos de ineficiencia.

Este resultado implica que, por cada punto porcentual adicional de cumplimiento OTIF, se espera una reducción promedio del 3,07% en los costos totales de ineficiencia, manteniéndose constantes las demás condiciones. Esta interpretación es válida dada la transformación logarítmica aplicada sobre la variable dependiente.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) alcanzó un valor de 0,68, lo que indica que el 68% de la variabilidad observada en el logaritmo natural de los costos evitables puede ser

explicada por las variaciones en el OTIF. Este nivel de ajuste sugiere una relación estadísticamente fuerte entre el desempeño logístico y el comportamiento de los costos operacionales en el contexto analizado, otorgando validez empírica al uso del OTIF como variable estratégica para la gestión financiera en CMPC Maderas.

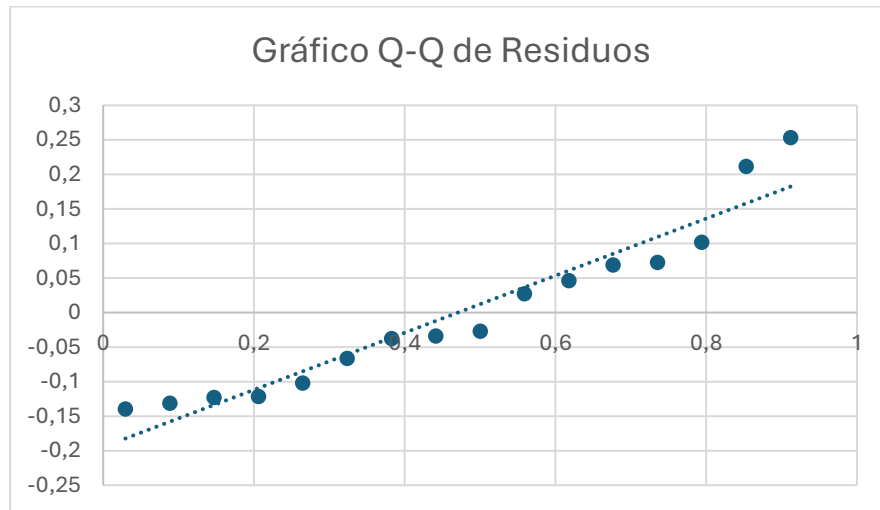
9.3 Resultados de Supuestos residuales

Con el fin de garantizar la validez estadística y la confiabilidad inferencial del modelo de regresión lineal simple estimado, se procedió a evaluar el cumplimiento de los supuestos clásicos asociados a este tipo de modelamiento.

Normalidad de los Errores (Residuos): Se examinó si los residuos del modelo se distribuían normalmente, lo cual es un supuesto fundamental para la validez de las pruebas de significancia y la construcción de intervalos de confianza. El análisis visual del gráfico Q-Q plot permitió observar que, si bien existen ligeras desviaciones en los extremos (especialmente en los cuantiles superiores), la mayoría de los puntos se alinean de manera razonable sobre la diagonal teórica. Esto permite concluir que los residuos siguen una distribución aproximadamente normal, cumpliéndose de forma aceptable este supuesto.

Figura 5

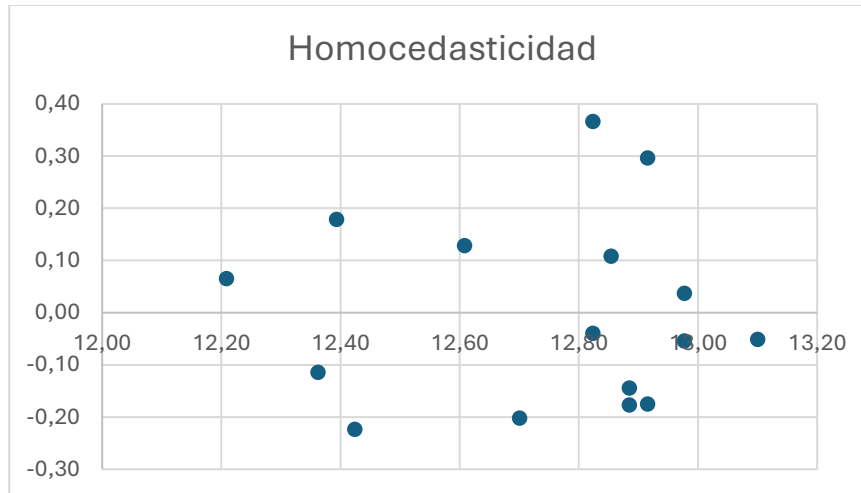
Muestra el análisis levantado para observar el comportamiento de los residuos y si estos se ajustan de forma similar a una distribución normal.



Homocedasticidad (Varianza Constante de los Errores): Se verificó que la varianza de los residuos no varía sistemáticamente con respecto a los valores ajustados del modelo. El gráfico de dispersión de residuos versus valores predichos evidenció una nube aleatoria de puntos distribuida simétricamente en torno al eje cero, sin patrones discernibles de abanico o concentración. Esto indica que la hipótesis de homocedasticidad se sostiene, lo que respalda la validez de los errores estándar estimados y refuerza la confiabilidad de las inferencias realizadas.

Figura 6

Muestra el análisis levantado para observar el comportamiento de los residuos con el fin de detectar fenómenos de heterocedasticidad.



Ausencia de Autocorrelación en los Errores: Es crucial verificar la ausencia de autocorrelación en los residuos. La autocorrelación, implicaría que los errores de un período están correlacionados con los de períodos anteriores, lo que violaría la independencia de las observaciones y afectaría la eficiencia de los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Para ello, se aplicó el Test de Durbin-Watson.

El valor del estadístico Durbin-Watson obtenido fue de 1,796, el cual es cercano a 2, valor que indica ausencia de autocorrelación. Esto sugiere que no existe evidencia de autocorrelación positiva o negativa significativa en los residuos del modelo, por lo que se mantiene la validez de los errores estándar y, en consecuencia, de las inferencias estadísticas realizadas sobre los coeficientes del modelo.

La validación de estos supuestos fundamentales refuerza la robustez de la relación lineal establecida entre el OTIF y los costos de ineficiencia. Esto permite utilizar el modelo con mayor fiabilidad como herramienta de proyección de ahorros y soporte cuantitativo para la toma de decisiones estratégicas en CMPC Maderas.

9.4 Proyección de Ahorros Anuales por Mejora del OTIF

Una vez estimado el modelo econométrico que relaciona el desempeño del indicador OTIF con los costos evitables de ineficiencia, se procedió a proyectar el impacto económico de su mejora. Esta etapa tiene por objetivo estimar el ahorro potencial anual que CMPC Maderas podría alcanzar al aumentar su nivel promedio de cumplimiento OTIF respecto de la línea base observada en el año 2024.

Durante el año base, el OTIF promedio alcanzó un 49%, y el costo total anual de ineficiencia ascendió a aproximadamente USD 4,7 millones. A partir del modelo de regresión log-lineal validado en los puntos anteriores, se estimaron los costos esperados para distintos niveles de OTIF objetivo, aplicando la ecuación:

Ecuación 5

Muestra la ecuación que permite obtener el costo evitable asociado a un nivel de objetivo de cumplimiento OTIF

$$Y = e^{(-3,07 \times OTIF + 14,33)}$$

A continuación, se presentan tres escenarios de mejora progresiva del OTIF, junto con el correspondiente ahorro estimado respecto de la situación base. Cabe destacar que, dado que el modelo de regresión fue estimado con datos de frecuencia mensual, para efectos de este análisis se procedió a multiplicar el resultado proyectado por 12, con el fin de obtener una estimación anualizada de los costos totales de ineficiencia asociados a cada nivel de cumplimiento OTIF.

Tabla 4

Muestra los resultados obtenidos al calcular los ahorros potenciales al aumentar el nivel del OTIF

Escenario de OTIF Objetivo	OTIF Promedio Línea Base	Costo Total de Ineficiencia (Línea Base)USD	OTIF Objetivo	Costo Total de Ineficiencia Proyectado	Ahorro Anual Proyectado	Incremento de OTIF (vs Línea Base)
Línea Base	49%	\$4.696.882	-	-	-	-
Escenario 1	49%	\$4.696.882	60%	\$ 3.172.721	\$1.524.161	+11pp
Escenario 2	49%	\$4.696.882	70%	\$ 2.333.250	\$2.363.632	+21pp
Escenario 3	49%	\$4.696.882	90%	\$ 1.261.885	\$3.434.997	+31pp

Desagregación de los costos Proyectados por Categoría:

Para complementar este análisis, se desagregaron los costos proyectados por categoría, asumiendo que la composición relativa observada en la línea base se mantiene constante en los distintos escenarios. Esto permite visualizar con mayor claridad las áreas donde se generarían los mayores beneficios económicos:

Tabla 5

Muestra la distribución de los potenciales ahorros para cada nivel de OTIF proyectado en base a la composición de los costos de la línea base planteada.

Categoría de Costo Evitable	Costo Anual Proyectado (US\$) OTIF 60%	Costo Anual Proyectado (US\$) OTIF 70%	Costo Anual Proyectado (US\$) OTIF 90%
Inventario	\$1.225.964	\$901.586	\$487.602
Costo de op. Inventario	\$685.835	\$504.369	\$272.777
Reexpediciones	\$129.156	\$94.983	\$51.369
Degradación de precio	\$313.699	\$230.697	\$124.767
Reclamos	\$389.675	\$286.571	\$154.985
Transporte extra	\$428.204	\$314.905	\$170.309
Demurrage	\$189	\$139	\$75
Total, Costo Proyectado	\$3.172.721	\$2.333.250	\$1.261.885

Este ejercicio de proyección financiera entrega evidencia empírica sólida respecto al impacto económico positivo que tendría una mejora sostenida en el cumplimiento OTIF. Al traducir los beneficios operacionales en términos monetarios, se establece una base argumental robusta para justificar futuras inversiones en tecnologías, procesos y gestión orientados a elevar este KPI logístico clave dentro de CMPC Maderas.

10. Conclusiones

La presente memoria tuvo como propósito central justificar financieramente la optimización del indicador logístico OTIF (On-Time, In-Full) en CMPC Maderas, abordando de forma estructurada las ineficiencias operativas que afectan el cumplimiento de entregas completas y puntuales. Para ello, se diseñó e implementó una metodología compuesta por cinco fases secuenciales, que integraron análisis cualitativo, cuantificación económica y modelamiento econométrico. El trabajo comenzó con el levantamiento detallado del flujo logístico, incluyendo entrevistas con actores clave de distintas áreas funcionales, para luego identificar y valorar los costos evitables derivados del bajo OTIF. A partir de esa base, se desarrolló un modelo de regresión log-lineal que permitió proyectar los ahorros económicos alcanzables bajo distintos niveles de desempeño logístico, entregando así una herramienta concreta para la toma de decisiones estratégicas basada en evidencia financiera.

En cumplimiento del primer objetivo específico, se construyó un marco teórico robusto sobre OTIF, gestión de la cadena de suministro y costos de no calidad, que fundamentó la metodología de valorización monetaria aplicada y orientó la interpretación de resultados. Esta revisión permitió definir con precisión los conceptos, supuestos y métricas empleadas, así como justificar el uso de modelización econométrica para vincular el desempeño logístico con impactos financieros.

En cumplimiento del segundo objetivo específico, se diagnosticaron los puntos críticos del proceso logístico que inciden en el desempeño del OTIF. A partir del análisis del flujo operacional de despacho y entrevistas semiestructuradas a líderes de planificación, logística, costos, operaciones y experiencia de cliente, se evidenció que las principales desviaciones se concentran en la posproducción. Entre los hallazgos destacan: la generación de inventario intermedio y uso de

bodega extraportuaria en un modelo que, en teoría, opera bajo Make-to-Order (MTO); imprecisiones en la captura de la fecha preferente de entrega; sobrestadía portuaria; deterioro del producto por almacenamientos prolongados; y pérdida de margen al redestinar productos rechazados para exportación hacia el mercado local. Esta caracterización permitió mapear con precisión las ineficiencias que afectan el cumplimiento del OTIF.

Complementariamente, se cuantificaron los costos evitables asociados al bajo OTIF durante 2024, construyendo una línea base monetaria anual que ascendió a USD 4.696.882. Esta línea base se estructuró en siete categorías, destacando las asociadas a inventario (38,6%) y costo de oportunidad por capital inmovilizado (21,6%), además de transporte adicional y reprocesos. Este ejercicio entregó una fotografía precisa del impacto económico actualmente generado por el incumplimiento del OTIF y permitió dimensionar costos evitables y beneficios no capturados, proporcionando una métrica sólida para justificar financieramente su optimización.

En línea con el tercer objetivo específico, se desarrolló un modelo econométrico con el fin de estimar la relación entre el nivel de cumplimiento del OTIF y los costos totales de ineficiencia. Se aplicó una regresión lineal simple con transformación logarítmica en la variable dependiente (costos), lo que permitió estabilizar la varianza y mejorar el ajuste del modelo. El análisis validó todos los supuestos clásicos de regresión (normalidad, homocedasticidad, independencia de errores), y arrojó una relación estadísticamente significativa entre ambas variables: por cada punto porcentual adicional en el OTIF, se estima una reducción promedio del 3,07% en los costos mensuales de ineficiencia. Con base en este modelo, se proyectaron distintos escenarios anuales de mejora: para un OTIF del 60% los ahorros podrían alcanzar los USD 1,5 millones; para un 75%, los USD 2,3 millones; y para un 90%, hasta USD 3,4 millones. Estos resultados evidencian el retorno financiero potencial de invertir en iniciativas que eleven el nivel de cumplimiento logístico.

Respecto al cuarto objetivo específico, se avanzó en identificar las áreas del proceso OTIF con mayor impacto financiero y en formular recomendaciones específicas de mejora. Entre las áreas críticas destacadas se encuentran: la gestión de inventario, la planificación de producción, la coordinación logística y la captura de información comercial. En base a esto, se proponen acciones como: reducir la generación de inventario intermedio mediante ajustes al modelo operativo MTO; estandarizar la captura de fechas de entrega en los sistemas; mejorar la coordinación puerto-planta; y avanzar hacia una planificación integrada entre áreas. Asimismo, se enfatiza la necesidad de abordar estas mejoras desde una perspectiva de cambio organizacional, que considere las resistencias naturales al cambio y promueva una cultura de eficiencia y colaboración entre los equipos.

Es por que ello que en resumen, el objetivo general se cumplió al desarrollar una metodología de valoración monetaria del OTIF para CMPC Maderas que cuantifica el impacto financiero del incumplimiento y proyecta ahorros bajo distintos escenarios; el objetivo específico 1 se alcanzó mediante la construcción de un marco teórico robusto sobre OTIF, cadena de suministro, costos de no calidad y enfoques de valorización que sustentan la propuesta; el objetivo específico 2 se cumplió al diagnosticar la situación actual con entrevistas y datos históricos y establecer una línea base de ineficiencias por USD 4,7 millones en 2024; el objetivo específico 3 se logró al desarrollar y validar un modelo de regresión log-lineal que relaciona el OTIF con los costos, permitiendo estimar reducciones porcentuales de costos y simular escenarios de mejora; y el objetivo específico 4 se cumplió al identificar áreas críticas (gestión de inventarios, captura de fechas preferentes y coordinación logística) y proponer recomendaciones estratégicas accionables. En síntesis, todos los objetivos fueron alcanzados satisfactoriamente, entregando un aporte

aplicado, cuantificable y replicable para la toma de decisiones logístico-financieras de la compañía.

Finalmente, este trabajo representa un hito dentro de CMPC Maderas, al ser el primer estudio que monetiza de forma estructurada las ineficiencias logísticas asociadas al OTIF. La metodología desarrollada es replicable, no solo a otras unidades de negocio dentro del grupo, sino también a otros indicadores clave cuya mejora impacta en la rentabilidad. Más allá del cumplimiento de indicadores operativos, este estudio instala una visión estratégica en torno al valor de medir, cuantificar y gestionar eficientemente los KPIs logísticos. En definitiva, se demuestra que optimizar el OTIF no es únicamente una buena práctica operacional , sino una verdadera palanca de valor económico para la empresa, y potencia el nivel de cumplimiento de cara al cliente, es por ello que representa efectos directos sobre la competitividad, la rentabilidad y la sostenibilidad del negocio.

11. Recomendaciones

A partir del análisis cuantitativo y cualitativo desarrollado en la presente memoria, se identificaron una serie de oportunidades clave para mejorar el desempeño del indicador OTIF y, con ello, reducir de forma significativa los costos evitables actualmente asumidos por CMPC Maderas. Las recomendaciones que se presentan a continuación tienen como propósito guiar a la organización en el diseño de estrategias de mejora que permitan atacar de forma directa las principales fuentes de ineficiencia detectadas, optimizar los procesos involucrados en el ciclo OTIF y, en última instancia, fortalecer la competitividad y rentabilidad del negocio.

11.1 Fortalecimiento de inventarios y alineación con el modelo Make-to-Order

Uno de los hallazgos centrales de esta investigación fue la alta proporción que representa el costo asociado a la gestión de inventarios sobre el total de los costos evitables, alcanzando en conjunto —entre almacenamiento directo y costo financiero por capital inmovilizado— cerca del 60% del costo total anual de ineficiencia. Este resultado contrasta con el principio operativo declarado de CMPC Maderas de funcionar bajo un modelo Make-to-Order (MTO), el cual, en esencia, debería minimizar la existencia de inventarios de producto terminado.

En este sentido, se recomienda impulsar un plan integral para fortalecer la disciplina en la gestión de inventarios, orientado a reducir el volumen y el tiempo promedio de permanencia de los productos en bodega. Este plan debiese considerar:

La revisión y eventual ajuste de las políticas de seguridad operativa que hoy llevan a sobreproducción preventiva, analizando escenarios más acotados y consistentes con los reales lead times de los procesos.

El desarrollo de dashboards en tiempo real que permitan visibilizar los niveles de inventario y sus respectivas edades, facilitando la toma de decisiones dinámicas por parte de los equipos de Logística y Comercial.

La capacitación específica de los equipos en prácticas Lean enfocadas en la reducción de inventarios y tiempos de ciclo, reforzando el concepto de flujo tirado por la demanda.

Estas medidas permitirán disminuir tanto los costos directos de almacenamiento como el costo financiero por capital inmovilizado (WACC aplicado a stock), que hoy representa más del 20% del total de costos evitables detectados.

11.2 Mejora en la captura y trazabilidad de fechas preferentes de entrega

Durante el levantamiento cualitativo mediante entrevistas con actores clave de las áreas de ventas y planificación, se identificó un problema recurrente en la captura de las fechas preferentes de entrega (FPE) al momento del registro de pedidos en el sistema ERP. Esta imprecisión, al propagarse aguas abajo en el proceso, genera desalineaciones que impactan directamente el cálculo del OTIF, dificultan la planificación de la producción y elevan el riesgo de incumplimientos.

Por ello, se recomienda:

Estandarizar y reforzar los procedimientos de registro de las FPE en SAP, incluyendo controles automáticos (ej. validaciones de ventanas de tiempo y alarmas de inconsistencia).

Incorporar capacitaciones específicas para los gestores de venta sobre la relevancia de capturar con precisión estas fechas, explicando el impacto económico directo que tienen en la cadena.

Explorar mejoras tecnológicas que integren mejor el CRM y el ERP, de modo que la FPE ingresada en el proceso comercial fluya de manera automática y sin errores al módulo logístico.

Una gestión más precisa de estas fechas permitirá reducir el efecto dominó de errores que hoy deriva en incumplimientos OTIF y costos adicionales asociados.

11.3 Optimización del proceso logístico para reducir sobrestadías y transporte extra

Si bien los costos por sobrestadía portuaria y transporte adicional no concentran el mayor peso dentro del total, sí representan eventos evitables que evidencian problemas de coordinación entre la programación logística y la gestión portuaria. En este sentido, se recomienda:

Revisar los SLA vigentes en la gestión de embarques, estableciendo alertas tempranas para anticipar potenciales atrasos.

Estudiar la implementación de acuerdos marco con operadores logísticos que permitan flexibilizar ventanas de tiempo y reducir penalizaciones por demurrage.

Al mismo tiempo, fomentar la colaboración activa entre las áreas de Logística y Comercial para sincronizar mejor los embarques con las necesidades de los clientes y los tiempos de tránsito, mitigando tanto el riesgo de demurrage como el de transportes adicionales no planificados.

11.4 Extrapolar el análisis hacia nuevos costos ocultos y unidades de negocio

Este trabajo constituye el primer ejercicio formal de cuantificación económica del impacto de un KPI operativo dentro de CMPC Maderas, demostrando la utilidad de traducir indicadores logísticos en términos monetarios. A partir de este puntapié inicial, se recomienda:

Ampliar el levantamiento hacia otros costos ocultos que no fueron incorporados en esta primera línea base por falta de datos o delimitación del alcance, como costos reputacionales o impactos contractuales indirectos.

Replicar esta metodología en otras divisiones de CMPC (por ejemplo, Celulosa o Tissue), adaptando los modelos a las características particulares de cada negocio, con el fin de construir un mapa integral de la eficiencia de la cadena y sus implicancias financieras.

Generar un proceso de actualización periódica de la línea base económica del OTIF, incorporando nuevas variables conforme se vayan refinando los sistemas de captura de datos.

Este enfoque permitirá consolidar una cultura de toma de decisiones basada en evidencia, donde la mejora de KPIs operacionales se entienda no solo como una meta técnica, sino como una fuente tangible de valor económico para la compañía.

11.5 Incorporación de pedidos provenientes de procesos de Trading para fortalecer el alcance del OTIF

Durante el desarrollo de esta investigación, el análisis del indicador OTIF se enfocó principalmente en los pedidos procesados bajo el modelo tradicional de venta directa gestionado por la Gerencia Comercial de CMPC Maderas. No obstante, existen otros flujos relevantes para el negocio —como son los pedidos originados a través de operaciones de trading— que hoy quedan fuera del monitoreo sistemático del OTIF y, por ende, del cálculo de los costos asociados a sus incumplimientos.

El trading constituye una práctica comercial que, si bien amplía la cobertura de mercado y permite atender demandas puntuales con mayor flexibilidad, también introduce complejidades adicionales en la gestión logística, contractual y financiera. Al no estar incorporados de manera

estructurada en el análisis del OTIF, estos pedidos pueden representar un “área ciega” que distorsiona la comprensión integral del nivel real de servicio brindado al cliente, además de ocultar costos indirectos o sobrecostos que afectan la rentabilidad global.

Por lo anterior, se recomienda avanzar en:

Incluir de forma sistemática los pedidos originados por trading dentro del universo analizado por el OTIF, adaptando las definiciones y parámetros de medición para que capturen las particularidades de estos procesos (por ejemplo, diferentes SLA o plazos de entrega propios de contratos spot o de corto plazo).

Evaluar la viabilidad económica y la sustentabilidad de estos negocios bajo el prisma del OTIF, identificando si los márgenes generados por estas operaciones compensan los mayores riesgos logísticos o las potenciales penalizaciones por incumplimientos. Esto implica realizar un análisis comparativo de los costos evitables que se derivan de incumplimientos OTIF en pedidos de trading versus los pedidos convencionales.

Considerar el impacto desde la perspectiva del cliente, garantizando que la expansión de volumen a través de trading no sacrifique la calidad del servicio ni deteriore la percepción del cumplimiento en plazo y cantidad. Ello podría implicar diseñar acuerdos de servicio diferenciados o mecanismos de gestión de expectativas para este tipo de operaciones.

Incluir los procesos de trading dentro del alcance del OTIF y del modelo de valoración financiera permitirá a CMPC Maderas disponer de una visión más completa y realista del desempeño logístico global, identificando eventuales “fugas” de valor económico que hasta ahora no se habían cuantificado. Además, esta integración abre el espacio para analizar la conveniencia

de continuar, rediseñar o potenciar estas estrategias comerciales, con criterios sustentados tanto en su impacto sobre el cliente como en su contribución a la rentabilidad consolidada del negocio.

Al implementar estas acciones, CMPC Maderas no solo avanzará hacia el cumplimiento progresivo de su meta estratégica de un OTIF del 90% al 2030, sino que podrá capturar los ahorros potenciales proyectados —del orden de USD 3,4 millones anuales— transformando el OTIF en un motor directo de rentabilidad y eficiencia operativa. Además, este análisis abre la puerta a futuros proyectos que permitan profundizar y extender esta visión, capturando aún más oportunidades de mejora a lo largo de toda la cadena de valor.

12 Referencias

- Ballou, R. H. (2004). *Logística empresarial: Control y planificación* (5ª ed.). Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Chopra, S., Meindl, P. y Kalra, DV (2019). *Gestión de la cadena de suministro: estrategia, planificación y operación* (7.ª ed.). Pearson Education.
- Christopher, M. (2011). *Logística y gestión de la cadena de suministro: creación de redes de valor añadido* (4ª ed.). Pearson FT Prentice Hall.
- CMPC. (2023). Reporte Integrado 2023. Recuperado de <https://www.cmpc.com/reportes/>
- CMPC. (s.f.). Propósito y valores. Recuperado el 4 de agosto de 2025, de <https://www.cmpc.com/quienes-somos/>
- De Keyser, R., Guiette, A., & Vandembemt, K. (2021). The neglected role of managers' emotions in change management: Insights from a qualitative study. *Journal of Change Management*, 21(3), 295-316.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2014). *The Oxford Handbook of Motivation*. Oxford University Press.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics*. McGraw-Hill/Irwin.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis*. Cengage Learning.
- Hiatt, J. M. (2006). *ADKAR: A Model for Change in Business, Government and our Community*. Prosci Research.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill Education.

- Jacobs, FR, y Chase, RB (2018). *Gestión de operaciones y cadena de suministro* (15.^a ed.). McGraw-Hill Education
- Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business School Press.
- Lewin, K. (1951). *Field Theory in Social Science: Selected Theoretical Papers*. Harper & Row.
- Maurer, R. (1996). *Beyond the Wall of Resistance: Unconventional Strategies That Build Support for Change*. Bard Books.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to Linear Regression Analysis*. Wiley.
- Postgrado Unab. (2021, 23 de marzo). *Supply chain: ¿qué es y por qué es importante?* Postgrado Unab. <https://postgrado.unab.cl/noticias/supply-chain-que-es-y-por-que-es-importante-para-empresas/>
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page.
- Scheier, M. F., Carver, C. S., & Bridges, M. W. (1986). Optimism, pessimism, and psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(6), 1257–1267.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2004). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill/Irwin.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Operations Management*. Pearson.
- Turban, E., Aronson, J. E., Liang, T. P., & Sharda, R. (2007). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Pearson Prentice Hall.

Wisner, J. D., Tan, K. C., & Leong, G. K. (2019). Supply Chain Management and Logistics: Innovative Strategies for a Global Competitive Advantage. Pearson.

Wooldridge, J. M. (2016). Introductory Econometrics: A Modern Approach. Cengage Learning.

Six Sigma Study Guide. (s.f.). *Cost of Poor Quality (COPQ): Definition & Examples*. Six Sigma Study Guide. Recuperado el 15 de julio de 2025, de <https://sixsigmastudyguide.com/cost-of-poor-quality/>

Logistec. (2024, 16 de agosto). *¡ABRE BIEN LOS OJOS! LOS COSTOS OCULTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO SON CLAVES PARA LA RENTABILIDAD*. Revista Logistec. <https://www.revistalogistec.com/scm/estrategia-logistica-2/5782-abre-bien-los-ojos-los-costos-ocultos-en-la-cadena-de-suministro-son-claves-para-la-rentabilidad>