

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo
secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de
1976.

Departamento de Economía, Administración y Mercadología
**Especialidad en Gestión de la Cadena de
Suministro**



**Optimización del proceso de compras en un negocio de
remanufactura**

**FORMACIÓN COMPLEMENTARIA Y PROYECTO DE
IMPACTO EN UN ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN** para
obtener el **GRADO** de
ESPECIALISTA EN GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Presenta: **KARLA VILLA ALDRETE**

Asesor **IGNACIO ALVAREZ PLACENCIA**

Tlaquepaque, Jalisco. Junio de 2023.

Índice

1. Resumen	3
2. Introducción.....	4
2.1. Descripción de la empresa e industria	5
2.2. Problemática	7
2.2.1. Causas.	8
2.2.2. Impacto	9
2.2.3. Objetivo de la intervención	10
2.2.4. Delimitación de las áreas a intervenir	11
2.2.5. Project Charter	12
3. Marco teórico.....	13
3.1. Revisión literaria.....	13
3.2. Marco conceptual.....	17
4. Metodología.....	19
4.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención	19
4.1.1. Análisis de proyecto de inversión	20
4.1.2. Diseño del mapa de cadena de valor actual y futuro, A3	21
4.2. Plan de trabajo. Etapas del proceso de aplicación/intervención	26
4.3. Cronograma de trabajo	27
5. Resultados.....	28
5.1. Métricos iniciales	28
5.2. Métricos finales	29
6. Conclusiones y aprendizajes	30
7. Bibliografía	32

1. Resumen

Este trabajo presenta el caso del departamento de remanufactura dentro de una compañía de tecnologías de información, el cual ha acumulado a través de los años un alto porcentaje de inventario que no puede ser ofrecido en el mercado a no ser que se coloque en una solución tecnológica. La problemática reside en que el departamento carece de un proceso de compras óptimo lo cual aumenta el riesgo de que el inventario con antigüedad mayor a un año sea desechado y termine resultando en una pérdida para el negocio. Se inició el proceso de mejora realizando un análisis de proyecto de inversión para confirmar la viabilidad del proyecto. Posteriormente se creó un mapa de cadena de valor para identificar el flujo actual del proceso y finalmente, en base a las áreas de oportunidad encontradas, se presentó la propuesta de mejora mediante un mapa de cadena de valor futuro. Como resultado, y una vez piloteado el nuevo proceso de compras, se encontró que el inventario inactivo y con más de un año de antigüedad de la familia de productos "A" disminuyó de un 24% al 5%, apegándose en su totalidad a los tiempos establecidos en el mapa de valor futuro propuesto.

Palabras clave: Remanufactura, proceso de compras, mapa de cadena de valor, desechos, antigüedad de inventario.

2. Introducción

Uno de los retos más comunes en el negocio de remanufactura están relacionados a cuán impredecible y escasa puede ser la entrada de inventario, la adquisición y gestión de las piezas o materiales de repuesto y la planeación al igual que la capacidad de producción, la cual puede llegar a representar un gran obstáculo especialmente cuando la tasa de retornos no está definida o pronosticada, impactando la programación del proceso de desensamble. Para atacar estos retos, Kurilova sugiere un enfoque en las siguientes áreas de mejora basadas en gestión lean: estandarización de operaciones, flujo continuo, Kanban, trabajo en equipo, entrenamientos cruzados, diseño para flujo continuo y la colaboración con proveedores. (Kurilova, 2018).

Al igual que los retos que comenta Kurilova en su publicación, el negocio de remanufactura en donde se llevará a cabo este proyecto de mejora, también tiene retos respecto a la adquisición de inventario ya que no se cuenta con un proceso de compras eficiente. Este problema ocasiona una limitada gestión del inventario y por consecuencia, aumenta el riesgo de obsolescencia del inventario el cual genera pérdidas de hasta el 20% en valor de inventario a la compañía.

A pesar de ser más de uno los problemas a los que un negocio de remanufactura típicamente se enfrenta, tiene una ventaja en particular: una mayor posibilidad de contar con disponibilidad de componentes que se encuentran limitados o escasos en el mercado. Y en una industria en donde la falta de componentes se intensificó a raíz del COVID y que, en base a la investigación realizada por Dennis Scimeca, no se espera que haya una mejora hasta el 2026, es donde el negocio de manufactura de la compañía debe aprovechar para la creación y ejecución de estrategias que le permita lograr la rotación de su inventario. (Scimeca, 2022).

Debido a lo anterior se definió como objetivo de la intervención habilitar para venta el inventario con riesgo de obsolescencia a través de la optimización del proceso de compras actual. Esto permitirá al negocio adquirir material que, en conjunto con el inventario disponible, sirva para producir las soluciones tecnológicas que actualmente están siendo altamente demandadas por el cliente y evitar así pérdidas ocasionadas por desechos.

Cabe recalcar que por motivos de confidencialidad se decidió omitir el nombre de la empresa a la cual se le nombrará como “la compañía”.

2.1. Descripción de la empresa e industria

La compañía es una empresa de tecnologías de la información enfocada en la venta de productos y ahora también servicios en la nube, ambos construidos y respaldados en una infraestructura altamente segura lo cual la ha convertido en una de las empresas líderes de la industria. El portafolio de la compañía consta de soluciones nuevas y remanufacturadas, siendo el negocio de remanufactura el área en la cual estará enfocada la propuesta de mejora de este proyecto, la cual ofrece una amplia gama de productos de la marca de la compañía, con una condición y garantía igual a los productos nuevos, pero a un precio más accesible.

Sin embargo, el principal diferenciador del negocio de remanufactura dentro de la compañía es que través de la reutilización de materiales promueve la economía circular, la cual cada vez es más necesaria debido al incremento de la población mundial y la manufactura de productos para los consumidores que son fácil y rápidamente desechados debido a los cambios tecnológicos constantes. Todo lo anterior está afectando negativamente al ambiente y está empujando a la humanidad a buscar diferentes formas de disminuir o eliminar el cambio climático, la contaminación, deforestación, entre otras cosas. (Gil-Lamata, 2022).

Además del impacto positivo que tiene la remanufactura en el medio ambiente, el negocio de remanufactura también representa un beneficio considerable para la compañía desde la perspectiva estratégica. El negocio nace por la necesidad de disminuir el impacto de la devolución de productos, la cual puede llegar a ser muy costosa debido a la logística inversa al igual que el tiempo, esfuerzo y dinero invertido en la producción de estos. Es por ello por lo que el programa de remanufactura es de vital importancia, ya que con un proceso de devolución y remanufactura adecuado, la compañía puede lograr recuperar los costos relacionados a dichos productos e incluso, percibir una ganancia por ellos.

Uno de los problemas con los que se ha enfrentado la compañía, al igual que su competencia e incluso otras industrias, es la escasez global de chips. Este problema se originó en el 2020 a raíz de la pandemia del Coronavirus, la cual ocasionó un extremo confinamiento durante un largo periodo de tiempo y que, a su vez, provocó una baja demanda de productos que contienen este tipo de componentes. Lo anterior ocasionó una reducción de la capacidad de producción de los proveedores lo cual terminó colapsando la cadena de suministro. (Sparkes, 2021).

Sin embargo, a pesar de que el confinamiento y la cadena de suministro se lograron controlar, vino después el mayor impacto: un alza en la demanda de productos tecnológicos y extensos tiempos de entrega para la construcción de fábricas para dichos componentes. Todo lo anterior ha representado y continúa representando un gran reto para la industria debido a las necesidades de clientes que van en aumento y que, debido a la falta de material, no se pueden cubrir. Y desafortunadamente, de acuerdo con los expertos, no se espera que esta situación mejore al menos hasta el 2024. (Dashveenjit, 2022).

Y si bien para la compañía, los cortos de chips han significado considerables retrasos en las entregas de órdenes para los clientes, esto representa una oportunidad para el negocio de remanufactura ya que todo aquel producto que haya sido devuelto, principalmente aquellos que tienen alta demanda, pueden ser remanufacturados y posicionados en el mercado para cubrir las necesidades de clientes que se pueden estar viendo afectados por los problemas de suministro previamente mencionados.

2.2. Problemática

Durante un largo periodo de tiempo el negocio de remanufactura en Norte America se manejó desde una estrategia de recuperación y no de generación de margen. El objetivo era recuperar al menos una porción del valor del producto devuelto en la menor cantidad de tiempo posible, por lo que en la mayoría de los casos se vendía el inventario por piezas individuales en vez de ser colocados en una solución, lo cual disminuye su valor como producto y, por lo tanto, genera que se venda a un bajo costo.

Dicha estrategia ocasionó que no se haya creado un proceso de análisis de costos y de planeación de inventario para maximizarlo, teniendo como consecuencia la acumulación de inventario de componentes que no pueden ser vendidos ya sea porque de manera individual no tienen demanda, o en su defecto para colocarlos en un sistema, requeriría otros componentes que al momento no se encuentran disponibles. Tampoco existe actualmente un proceso propiamente establecido que permita y habilite la compra de material faltante para la construcción de las soluciones tecnológicas.

2.2.1. Causas

La principal causa de la problemática descrita anteriormente es la estrategia de recuperación con la cual se ejecutaba el negocio, la cual explica el por qué no se haya diseñado antes un proceso para analizar los costos e inventarios y maximizar los ingresos.

Otra de las causas fue que, a finales del 2019, se tomó la decisión a nivel corporativo de mover la operación de una de sus fábricas principales a una de un tercero. Dicha fábrica ya le proporcionaba servicio de manufactura a la compañía para los productos nuevos, pero no lo hacía para los remanufacturados, y fue durante la transición que se perdió conocimiento del proceso del negocio. Esto ocasionó que la habilitación de los *BOM* (Bill of Material) de los productos remanufacturados no se completaran en su totalidad, haciendo que el portafolio de productos remanufacturados estuviese limitado.

Finalmente debido a la estrategia de recuperación y el limitado portafolio, se creó un modelo de venta adicional donde se vendía el inventario desmantelado sin ser remanufacturado a un precio menor de su valor total. Esto orilló a que el equipo vendiera una alta cantidad de inventario a través de este modelo, lo cual sí generaba rotación rápida del inventario, pero resultaba en pérdidas en los resultados financieros.

No fue hasta abril del 2022 que se introdujo un nuevo equipo de liderazgo con el cual vino también una serie de cambios en la visión del negocio y la estrategia, la cual ahora estaría enfocada en la generación de margen. Debido a esto es por lo que se propusieron las siguientes iniciativas, las cuales ya están siendo ejecutadas por miembros del equipo:

- Control de descuentos: busca que el precio de venta sea al menos 20% mayor al costo del producto.

- Planeación de soluciones por encima de componentes individuales: se desarrolló una herramienta inteligente que analiza el inventario y proporciona qué soluciones se pueden construir con el mismo, con esta iniciativa se buscó cambiar el modelo de venta que durante años era principalmente enfocado a componentes, y cambiarlo hacia soluciones.

2.2.2. Impacto

El impacto que tiene la estrategia de recuperación se ve reflejado en los estados financieros del negocio, los cuales están descritos a continuación:

1. Desechar inventario (*scrap*): el inventario que se encuentra acumulado en almacén corre el riesgo de ser desechado al cumplir un año de antigüedad, costo que debe absorber el negocio. En base a los resultados históricos se estima que se desecha anualmente un promedio del 20% del total de inventario, el cual representa aproximadamente \$2.5 millones de dólares.
2. Costo de oportunidad: se analizó el precio de venta de tres de las soluciones con mayor demanda de la compañía y se compararon con los precios de venta de los componentes individuales que contienen esas mismas soluciones. Se encontró que el ingreso percibido por la venta de las soluciones triplica a las que serían percibidas si se vendieran los componentes individuales. Esto debido no solamente a que el costo por componente es más bajo, lo cual representa un menor ingreso para el negocio, sino que además existen materiales que no pueden ser vendidos individualmente y son estos los que se quedan rezagados en la bodega del negocio de remanufactura.

2.2.3. Objetivo de la intervención

El inventario del negocio de remanufactura se clasifica por familias (A, B y C) y estatus (activo o inactivo). Como se puede ver a continuación, la familia que tiene el mayor riesgo de *scrap* es la “A”, con un total de \$.35 millones de dólares en inventario con antigüedad menor a 12 meses y \$1.2 millones de dólares en inventario con antigüedad mayor a 12 meses:

Tabla 1. Inventario del negocio de remanufactura

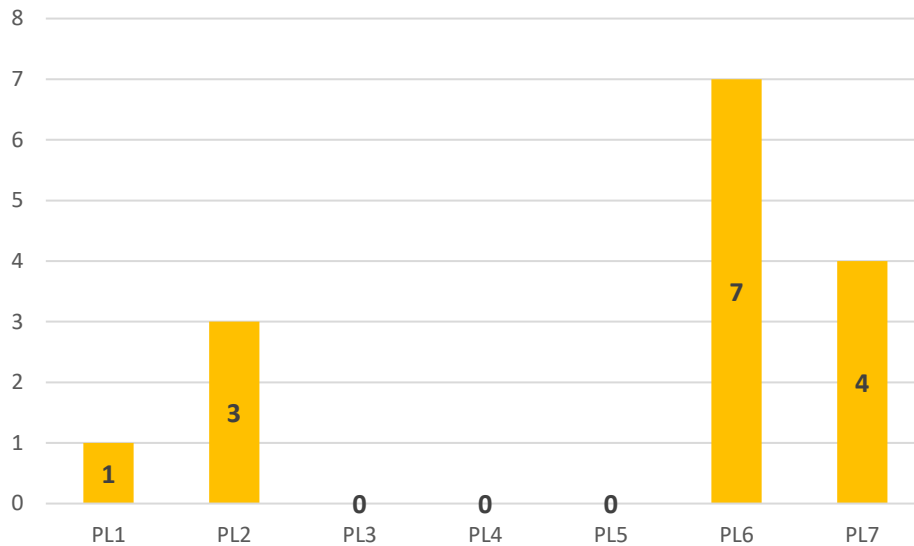
Inventario Total = \$12.5M				
Estatus de inventario	Activo		Inactivo	
Antigüedad	< 12 meses	> 12 meses	< 12 meses	> 12 meses
\$	\$8.75M	\$1.25M	\$.6M	\$2M
%	69%	10%	5%	16%
Inventario familia A = \$6.24M				
Estatus de inventario	Activo		Inactivo	
Antigüedad	< 12 meses	> 12 meses	< 12 meses	> 12 meses
\$	\$4.27M	\$.52M	\$.35M	\$1.2M
%	67%	8%	6%	19%
Inventario familia B = \$3.74M				
Estatus de inventario	Activo		Inactivo	
Antigüedad	< 12 meses	> 12 meses	< 12 meses	> 12 meses
\$	\$2.72M	\$.37M	\$.15M	\$.6M
%	71%	9%	4%	16%
Inventario familia C = \$2.5M				
Estatus de inventario	Activo		Inactivo	
Antigüedad	< 12 meses	> 12 meses	< 12 meses	> 12 meses
\$	\$1.75M	\$.35M	\$.1M	\$.2M
%	73%	15%	4%	8%

Fuente propia.

Se analizaron también las líneas de producto (PL1 – PL7) de los componentes de la familia A con antigüedad mayor a un año para obtener una tabla de frecuencia y encontrar los componentes que impactan más en la generación del excedente de inventario. Como se

puede observar en la Tabla 1 que se encuentra a continuación, los productos que pertenecen a la línea de producto PL6 y PL7 son aquellos que tienen mayor frecuencia.

Gráfica 1. Tabla de frecuencia de los componentes de la familia A:



Fuente propia.

Se determinó como objetivo del proyecto convertir el 50% del inventario inactivo de la familia de productos "A" a activo, es decir, un total de \$0.77 millones de dólares. Esto mediante el rediseño e implementación de un proceso de compras para los materiales faltantes, lo cual habilite la producción y venta de soluciones tecnológicas, teniendo como beneficio la disminución de inventario obsoleto y desperdicio.

2.2.4. Delimitación de las áreas a intervenir.

La problemática que busca abordar este proyecto es la acumulación y poca rotación de inventario debido a la falta de planeación y un proceso de compras, las cuales impiden cumplir el más reciente objetivo de la organización que es la maximización de los ingresos percibidos por la venta de productos remanufacturados.

En un inicio se tenía contemplado medir los resultados del proyecto comparando las ventas y margen generados a través del año mediante el estado de resultados del negocio. Sin embargo, el proyecto está enfocado únicamente en mejoras alrededor de la cadena de suministro y no de mercadotecnia o de venta, de los cuales no se tiene control y que serán necesarias para promover y vender los productos sugeridos. Y es debido a ello, que se tomó la decisión de cambiar el enfoque de la medición de resultados hacia la optimización del proceso de compras y habilitación de inventario disponible para remanufactura.

A pesar de haber cambiado los métricos para la medición de resultados hacia el área de cadena de suministro, se consideró también en el proyecto al resto de las operaciones, especialmente al área comercial, esto para que en conjunto puedan implementar todas las medidas necesarias para que el proyecto sea exitoso. A continuación, se describen las acciones ejecutadas fuera de la cadena de suministro:

- Ventas: se le proporcionó al equipo de ventas la instrucción de que ya podían ofrecer soluciones a los clientes, esto antes no se hacía ya que debido a la falta de material disponible lo único que ofrecían eran componentes individuales.
- Mercadotecnia: se modificaron los infográficos y documentación del negocio, en donde ahora se muestra como parte del portafolio las soluciones que se habilitaron con este proyecto.

2.2.5. Project Charter

Nombre del proyecto:
Optimización del proceso de compras en un negocio de remanufactura
Descripción del proyecto:
Este proyecto presenta el caso del departamento de remanufactura, el cual ha acumulado a través de los años un alto porcentaje de inventario que no puede ser ofrecido en el mercado a no ser que se coloque en una solución tecnológica. La problemática reside en que el departamento carece de un proceso de compras óptimo lo cual aumenta el riesgo

de que el inventario con antigüedad sea desechado y resulte en una pérdida para el negocio.	
Problema:	Objetivo:
La acumulación de inventario de componentes que no pueden ser vendidos individualmente ocasionada por la estrategia de recuperación por la que se regía el negocio, en donde recuperar una porción del costo del producto era mejor que nada.	Convertir el 50% (\$.77 millones de dólares) del inventario inactivo de la familia de productos "A" a activo.
Metodología:	Alcance:
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de proyecto de inversión • Mapa de cadena de valor actual y futuro 	Inventario inactivo familia A. Inventario familia A total = \$6.24M Inventario familia A inactivo = \$1.55M (25%)
Participantes:	Beneficios
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cadena de suministro <ol style="list-style-type: none"> a. Compras 2. Área comercial <ol style="list-style-type: none"> a. Ventas Mercadotecnia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evitar desechar inventario (scrap): impacto anual del 20% sobre el valor de inventario (\$2.5 millones de dólares). 2. Costo de oportunidad: el ingreso percibido por la venta de las soluciones triplica a las que serían percibidas si se vendieran los componentes individuales.

3. Marco teórico

3.1. Revisión literaria

Se sugiere a las empresas de la industria tecnológica que identifiquen en sus cadenas de suministro a los eslabones débiles que pueden ser impactados en un momento de disrupción, como lo fue la pandemia COVID. Esto permitiría a las empresas ampliar su gama de proveedores para la diversificación geográfica de los mismos. (Banerjee, 2022).

La economía circular se define como el marco regenerativo en el cual los recursos, desperdicio, las emisiones y el consumo de energía son limitados al cerrar los circuitos de materiales y de energía. El propósito de la economía circular se puede lograr mediante el

diseño duradero, reutilización, reparación, reciclaje y la remanufactura de los productos, siendo la remanufactura el único modelo de negocio que provee garantías totales. Sin embargo, y a pesar de sus beneficios, la remanufactura cuenta con problemas como lo son la planeación y control de producción, mercadotecnia y la competencia. (Singhal, 2020).

La economía circular ha comenzado a tomar fuerza en países desarrollados, principalmente aquellas iniciativas que reconfiguran los procesos de la gestión de cadena de suministro entre ellas el circuito cerrado. Este se refiere al modelo de la cadena de suministro donde se busca maximizar el valor de un producto a través de la recuperación del mismo mediante retornos a través del tiempo. Este enfoque ayuda a las empresas a aumentar la utilización de sus productos durante procesos de reciclado o remanufactura. (Hazen, 2020).

La gestión de las cadenas de suministro inversas cada vez recibe mayor atención, pero se han realizado pocos estudios que investiguen a profundidad los problemas que representa la planeación de la recuperación de inventario y la remanufactura. Otro de los problemas críticos durante la planeación incluye la duración del ciclo de vida del producto, así como el volumen y el momento que se realizan las devoluciones, las cuáles se utilizan para ser remanufacturadas y satisfacer nueva demanda. La porción de material reutilizable de las devoluciones depende tanto del ciclo de vida como del tiempo que el producto permanece con el cliente antes de su fin de uso. (Georgiadis, 2006).

La remanufactura es muy diferente a la manufactura. Comenta Seitz que en la experiencia de CarCo, los retos más complejos que se encontraron durante su proceso de remanufactura son los problemas del pronóstico de la demanda, el limitado acceso al material o componentes, y la incapacidad para aplicar técnicas de producción en masa. Dado que la remanufactura implica lotes pequeños y una relativa falta de inversión de capital en comparación con la

fabricación en serie o en masa, es poco probable que estos retos disminuyan. Mientras que el éxito de la remanufactura depende de ser receptivos y flexibles frente a una demanda de clientes impredecible y de combinar paciencia e ingenio a la hora de adquirir los componentes necesarios para satisfacer las necesidades del cliente. (Seitz, 2004).

Las actividades de recolección de productos usados se han convertido en una parte fundamental de la remanufactura. Algunos investigadores debaten respecto al diseño óptimo de la logística inversa para lidiar con las actividades de recolección de productos usados. Sin embargo, no se ha investigado a profundidad los sistemas de inventario ideales para una revisión continua del mismo. (Cheng-Kang, 2017).

El éxito de un negocio de remanufactura depende mayoritariamente de la adquisición y manejo de inventario para satisfacer la demanda de los productos remanufacturados. Se propone un método óptimo de adquisición y control de inventario en donde el objetivo es determinar las cantidades que deben ser remanufacturadas en ciertos períodos de tiempo para minimizar los costos totales. Este método puede ser utilizado por una empresa de remanufactura para elaborar un plan de producción en un entorno o contexto incierto. (Zhigang, 2013).

Cuando la capacidad de producción y remanufactura de productos se ve limitada, es factible que la empresa experimente una escasez en el inventario para poder satisfacer la demanda de sus clientes. En esta situación, la compañía podría abordar la falta de productos requeridos a través de la subcontratación con el objetivo de disminuir los costos de los pedidos u órdenes pendientes y las ventas no realizadas, los cuales se originan debido a la escasez de inventario disponible. (Rabbani, 2018).

Un indicador adicional para considerar en la evaluación de un proyecto de inversión es el periodo de recuperación de la inversión. Este indicador no mide la rentabilidad sin embargo es utilizado como un elemento auxiliar adicional durante la toma de decisiones, por lo que se debe usar en conjunto con algún otro indicador de rentabilidad como el valor presente neto o la tasa interna de retorno. La lógica que tiene usar este indicador es para escoger aquel proyecto que recupera la inversión más rápidamente. (Briceño, 2013).

El modelo de *Lean Management* o Gestión Lean cumple con todas las exigencias que requiere la competitividad: la generación de volúmenes de producción adaptados a la demanda, bajos costos derivados de la eliminación de desperdicios, calidad asegurada en cada una de las operaciones, niveles de stock bajos, flexibilidad para ajustarse a fluctuaciones en la demanda, entre otras. Los beneficios de utilizar herramientas lean son extensos, y a pesar de que la transformación operativa a *Lean* es completa y extensa, vale la pena. (Cuatrecasas, 2013).

Existe una metodología innovadora para mejorar el proceso de gestión de desperdicio de suministros basada en el mapeo de cadena de valor y que además integra conceptos de otras herramientas de Gestión Lean. Se estructura en cinco pasos. El primero consiste en definir los límites del proceso. Luego, se identifican los flujos contables y físicos, y se representa el estado actual. A continuación, se analizan los desperdicios y los problemas críticos, y se determinan sus causas raíz. En el cuarto paso, se proponen mejoras y se representa el estado futuro. En el último paso, se define una metodología para monitorear los efectos de las mejoras implementadas. (Carmignani, 2017).

3.2. Marco conceptual

ESTADO DE RESULTADOS

Es un estado financiero que muestra las ganancias o pérdidas obtenidas en un periodo de tiempo específico para la medición de rentabilidad de una empresa, de forma que puedan ser analizados para mejorar y ajustar las estrategias del negocio para maximizar sus ganancias. (BarCharts, 2016).

COSTOS DE INVENTARIO

Se refiere a todos los costos relacionados con el inventario en los que incurren las compañías.

- **Obsolescencia:** pérdida incurrida cuando un producto ya no puede ser vendido en el mercado porque utiliza tecnología obsoleta.
- **Scrap/ desechos:** pérdida incurrida cuando se destruye o descarta un producto o material.

METODOLOGÍAS PARA EVALUAR PROYECTOS DE INVERSIÓN

Las metodologías presentadas a continuación son utilizadas para evaluar un proyecto de inversión, incluyendo su rentabilidad al igual que su recuperación a través del tiempo. Realizar estas mediciones ayudan a comparar diferentes opciones de proyectos para la toma de decisiones.

a) **Periodo de recuperación:**

Determina el periodo de tiempo esperado para obtener de regreso la inversión inicial.

Se da cuando se llega al punto de equilibrio; es decir, cuando no hay ganancias, pero tampoco pérdidas. Para obtenerlo es necesario determinar el flujo libre de caja ¹ y acumularlo hasta encontrar el periodo en el que se recupera el dinero invertido.

1 Flujo libre de caja: es la cantidad de dinero disponible que genera una empresa que opera eficientemente para pagar deudas, dividendos o para usar en reinversión.

b) Exceso sobre la inversión:

Se trata de estimar que una vez que se recupere el dinero invertido, cuánto dinero adicional va a quedar. Se obtiene determinando el flujo libre de caja y tomando el último valor.

c) Valor presente neto:

Al igual que el exceso sobre la inversión, busca estimar cuánto dinero va a quedar una vez recuperado el dinero invertido, pero compensando el riesgo y la pérdida del valor del dinero a través del tiempo. (Concepts in Finance, 2014).

Se estima utilizando la fórmula de Valor Presente:

=VP(Tasa, A3 , Número de periodo , Flujo libre de caja del periodo)

La tasa comúnmente utilizada es WACC, que significa costo medio ponderado del capital y es utilizada como tasa de descuento para valorar proyectos de inversión.

d) Tasa interna de retorno:

La tasa interna de retorno o "TIR" representa el rendimiento máximo que pueda dar un proyecto. Se estima utilizando la fórmula de tasa interna de retorno:

=TIR(Rango de flujo libre de caja)

VSM (MAPA DE CADENA DE VALOR)

El mapa de cadena de valor nace a partir de la metodología *Lean Management*, la cual es una colección de herramientas que buscan la optimización de los procesos del negocio a través

de la mejora continua, buscando siempre eliminar el desperdicio y agregar cada vez más valor para el cliente (Gerhard Plenert, 2007).

El mapa de cadena de valor es una herramienta gráfica que permite visualizar el flujo de materiales e información de un proceso de manufactura o administrativo, incluyendo la conexión con los proveedores y los clientes. El objetivo del mapa de valor es representar el estado actual de la operación para posteriormente generar propuestas de mejora y eliminación de desperdicio basadas en las áreas de oportunidad identificadas, creando así un mapa de valor futuro. (The New Lean Pocket Guide, 2007).

4. Metodología

4.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención

Se realizó un diagrama de Ishikawa (Figura 1.) para identificar las causas principales que generaron el problema de acumulación de inventario y así poder definir las contramedidas, las cuales se enfocaron en la optimización del proceso de compras para la habilitación de inventario.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



Fuente propia.

4.1.1. Análisis de proyecto de inversión.

Para determinar si el proyecto era viable o no se realizó un análisis de proyecto de inversión usando cuatro metodologías.

El primer paso fue seleccionar la medida y rango de tiempo en el cual se llevaría a cabo la proyección, la cual fue mensual durante todo un año. Una vez teniendo esto, se añadieron las ventas, costo de ventas y gastos mensuales proyectados además de la inversión inicial requerida (Tabla 2).

Tabla 2. Proyección de ventas

	Marzo 1	Abril 2	Mayo 3	Junio 4	Julio 5	Agosto 6	Septiembre 7	Octubre 8	Noviembre 9	Diciembre 10	Enero 11	Febrero 12
Ventas	\$ 2,500,000.00	\$ 2,500,000.00	\$ 2,500,000.00	\$ 2,500,000.00	\$ 2,800,000.00	\$ 2,800,000.00	\$ 2,800,000.00	\$ 2,800,000.00	\$ 2,800,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00
Costo de ventas	\$2,173,913.04	\$2,173,913.04	\$2,173,913.04	\$2,173,913.04	\$2,434,782.61	\$2,434,782.61	\$2,434,782.61	\$2,434,782.61	\$2,434,782.61	\$2,608,695.65	\$2,608,695.65	\$2,608,695.65
Utilidad Bruta	\$ 326,086.96	\$ 326,086.96	\$ 326,086.96	\$ 326,086.96	\$ 365,217.39	\$ 365,217.39	\$ 365,217.39	\$ 365,217.39	\$ 365,217.39	\$ 391,304.35	\$ 391,304.35	\$ 391,304.35
Gastos de venta/ otros gastos	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00
Utilidad de operación (EBIT)	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 141,304.35	\$ 141,304.35	\$ 141,304.35
- Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo Operativo Neto	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 141,304.35	\$ 141,304.35	\$ 141,304.35
Inversión Inventario	\$500,000.00											
Inversión CXc												
Inversión CXp												
Inv. Capital de Trabajo	\$500,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Inv. Activos Fijos												

Fuente propia.

Posteriormente se obtuvo el flujo libre de caja mensual (Tabla 3), el cual, en este proyecto, es el reflejo del flujo operativo neto. Continuando con el flujo acumulado, para el cual se inicia con el valor de la inversión en el mes cero y así después se tomó el flujo acumulado anterior más el flujo libre de caja actual. Y finalmente, se calculó el valor presente neto tomando como referencia el WACC proporcionado por el área de finanzas el cuál fue del 10%

Tabla 3. Flujo libre de caja

	Marzo 1	Abril 2	Mayo 3	Junio 4	Julio 5	Agosto 6	Septiembre 7	Octubre 8	Noviembre 9	Diciembre 10	Enero 11	Febrero 12
Flujo libre de caja	\$500,000.00	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 76,086.96	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 115,217.39	\$ 141,304.35	\$ 141,304.35	\$ 141,304.35
Flujo acumulado	\$500,000.00	\$423,913.04	\$347,826.09	\$271,739.13	\$195,652.17	\$80,464.78	\$34,782.61	\$150,000.00	\$265,217.39	\$380,434.78	\$521,739.13	\$663,043.48
Valor Presente Neto	\$500,000.00	\$75,458.14	\$74,834.52	\$74,216.05	\$73,602.69	\$110,534.39	\$109,620.88	\$108,714.92	\$107,816.45	\$106,925.41	\$130,051.18	\$128,976.37

Fuente propia.

Después de haber sacado estos datos se llevaron a cabo los cálculos de las siguientes cuatro metodologías, obteniendo como resultados:

1. **Periodo de recuperación:** con los ingresos y egresos pronosticados se estima que se llegue al punto de equilibrio, es decir que no haya pérdidas ni ganancias, en el mes 6.
2. **Exceso sobre la inversión:** se estima obtener un total de \$804,347.83 de ganancias al finalizar el periodo de doce meses.
3. **Valor presente Neto:** debido a que el periodo de tiempo es un año, se espera que la pérdida del valor del dinero no sea tan alta, siendo de \$728,661.46
4. **Tasa Interna de retorno:** se obtuvo una tasa de retorno mensual del 16.2% y del 194% anual, la cual excede la tasa requerida por finanzas para proceder con un proyecto de inversión, por lo que se tomó el proyecto como viable.

Tabla 4. Resultados metodologías de proyecto de inversión

Modelo 1.	Periodo de recuperación	Mes 6		
Modelo 2.	Exceso sobre la inversion	\$804,347.83		
Modelo 3.	Valor presente Neto (VPN)	\$728,661.46	WACC	10.0%
Modelo 4.	Tasa interna de retorno	16.2%	Mensual	
		194%	Anual	

Fuente propia.

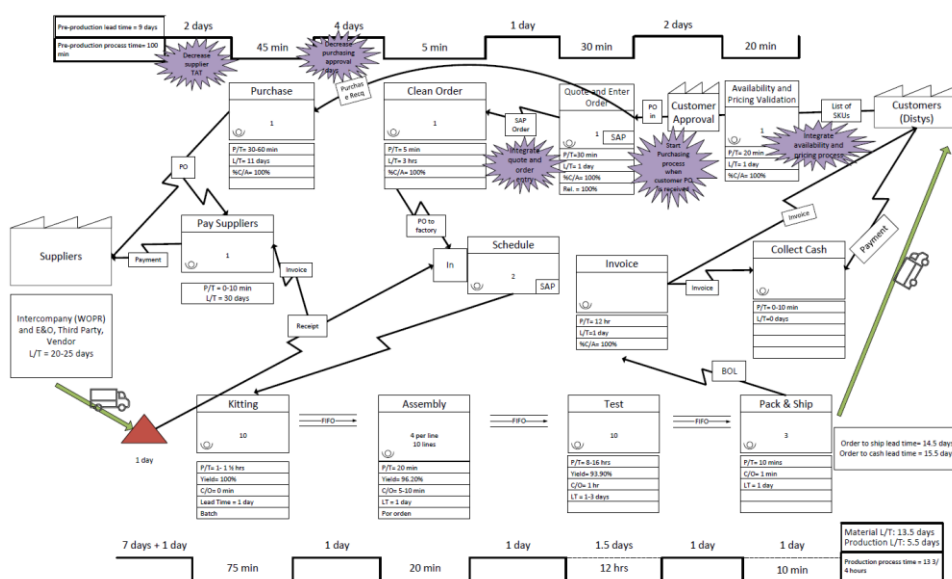
4.1.2. Mapa de cadena de valor actual y futuro, A3

Se inició creando un VSM (Figura 2) para mapear el proceso actual del proceso administrativo y productivo del negocio, donde se identificó que sí se contaba con un proceso de compra para productos faltantes pero que era únicamente utilizado para la compra de cables y empaque, lo cual no solamente ocasionaba que el proceso de compra no fuera el más eficiente sino que tampoco se había probado si funcionaba para la compra de materiales o componentes primarios necesarios para las soluciones que se buscaban construir.

manejo de solicitudes de compra que contengan soluciones, las cuáles ahora no deberán ser rechazadas ya que al ser implementado el nuevo proceso de compra de componentes se habilitaría la opción de construir este tipo de productos.

- Integración de los procesos de cotización y procesamiento de órdenes. Esto redujo en 1 día los tiempos de espera.
- Colocación anticipada de órdenes de compra a proveedores: se determinó iniciar con la solicitud de compra a proveedor en una etapa más temprana, exactamente al momento del procesamiento de la solicitud de compra del cliente.
- Disminución del tiempo requerido para la aprobación interna de órdenes de compra a proveedores. En el estado actual dicha aprobación tomaba 11 días, mientras que en el futuro se contemplan únicamente 4 días. Para hacer funcionar el nuevo proceso se requirió colaborar con los equipos involucrados y determinar tiempos de respuesta.
- Acordar tiempo de respuesta por parte del proveedor para la confirmación de órdenes de compra colocadas, logrando reducir de 7 a 2 días los tiempos de espera.

Figura 3. VSM Futuro



Fuente propia.

También se elaboró un A3 la cual es una herramienta de comunicación que presenta la información del proyecto de forma organizada. Este documento incluye el mapa actual, futuro y además una agenda de implementación con los objetivos y las metas medibles (Figura 4), al igual que los indicadores relacionados a estos objetivos (Figura 5).

Figura 4. Agenda de implementación del A3

Implementación Inicio: 17 de Abril 2023			PROGRAMACIÓN MENSUAL		Programación Auditoria
Departamento	Objetivo del Mapa	Metas (Medibles)	Abril	Mayo	Fecha
Operaciones	Integración de procesos disponibilidad de inv	Reducir 3 días de pre-prod LT Reducir P/T total a 20 min			abr-23
Operaciones	Integración de procesos de cotización y colocación de órden de compra	Reducir 1 día de pre-prod LT Reducir P/T total a 30 min			abr-23
Compras	Colocación anticipada de órdenes de compra	Disminuir 1 día de espera de pre			abr-23
Compras	Disminución del tiempo requerido para la aprobación interna de órdenes de compra a proveedores	Disminuir días de aprobación de			abr-23
Compras	Disminución del tiempo de respuesta por parte del proveedor para la confirmación de órdenes de compra colocadas.	Reducir de 7 a 2 días			may-23

Fuente propia.

Figura 5. Indicadores del A3.

Indicadores	OTD (on time delivery)		Tiempo VA
		L.T (Días)	
Actual	94%	30 days	112
Futuro	96%	14.5 days	100
Meta	↑	↓	↓

Fuente propia.

Posteriormente, se decidió llevar a cabo una prueba piloto que tenía como objetivo validar la efectividad de la propuesta, por lo que fue necesario realizar un entrenamiento para el equipo involucrado durante el proceso de compras el cual estuvo basado en el trabajo estandarizado (Figura 6) que se documentó para el mismo. Durante esta prueba piloto se realizó una inversión por un total de \$500,000.00 en inventario a través de tres órdenes de compra y al concluirse se hizo un análisis para determinar si se logró habilitar la rotación del inventario inactivo actual.

Figura 6. Trabajo estandarizado: hojas de observación

Hoja de observación					Encargado de la operación:	Responsable de operaciones
Proceso: Validación de disponibilidad y precio					Encargado de la toma de tiempos:	Karla Villa
# de Item	Descripción de tarea	1	2	3	Mejor tiempo repetido	Notas/ Observaciones
1	Revisión de disponibilidad de inventario	10	15	10	10	A mayor la lista de componentes más el tiempo que toma la revisión de inventario
2	Revisión de precio de lista de inventario	5	10	5	5	
3	Redactar correo a cliente con información requerida	5	5	5	5	
Ciclo total		20	30	20	20	

Hoja de observación					Encargado de la operación:	Responsable de operaciones
Proceso: Cotización y procesamiento de orden de cliente					Encargado de la toma de tiempos:	Karla Villa
# de Item	Descripción de tarea	1	2	3	Mejor tiempo repetido	Notas/ Observaciones
1	Ingresar componentes en herramienta de cotización	20	25	20	20	Variación depende de cantidad de componentes cotizados
2	Crear la orden de compra en SAP con la cotización previamente generada	10	10	10	10	
Ciclo total		30	35	30	30	

Hoja de observación					Encargado de la operación:	Responsable de compras
Proceso: Colocación y seguimiento de orden de compra a proveedor					Encargado de la toma de tiempos:	Karla Villa
# de Item	Descripción de tarea	1	2	3	Mejor tiempo repetido	Notas/ Observaciones
1	Realizar análisis de PO de cliente para identificar inventario faltante	20	30	20	20	Tiene 1 día máximo para mandar la orden de compra a proveedor
2	Pedir aprobación a departamento de compras	5	5	5	5	
3	Emitir PO a proveedor	30	45	30	30	
Total cycle		55	80	55	55	

Fuente propia.

Finalmente, para evitar la generación de excedente de inventario en el futuro se incluyó como medida de contingencia la implementación de un nuevo control en el área de planeación en donde el objetivo es que el inventario inactivo no sea mayor a seis meses. En este proceso de control será la responsable de compras quien iniciará con el proceso de habilitación de inventario desde el momento que se dé entrada de este al almacén, de esa forma contará con el tiempo necesario para analizar el inventario y procesar las órdenes de compra a proveedor.

Con esto se presentaron los resultados y propuesta final al gerente de remanufactura y director del área quienes aprobaron hacer uso oficial del proceso en las operaciones a partir de ese momento.

4.2. Plan de trabajo. Etapas del proceso de aplicación/intervención

1. Planeación

- a. Definición de la problemática: identificar causa raíz y beneficios deseados.
- b. Recolección de datos para cuantificación de métricos iniciales: obtener valor en volumen y dinero de inventario inactivo que se tendrá como objetivo habilitar/ activar.

2. Diseño y desarrollo

- a. Creación de VSM actual: identificar proceso operativo actual para la posterior detección de áreas de oportunidad.
- b. Creación de VSM futuro: incluye la propuesta del proceso operativo futuro incluyendo el proceso de compras.
- c. Diseño del piloto: determinar inventario por comprar simulando el proceso que se seguiría con la llegada de órdenes de cliente.

3. Implementación

- a. Entrenamiento al equipo de planeación: proporcionar un entrenamiento del nuevo proceso para compras a las personas involucradas en la planeación de inventario, basado en el VSM futuro.
- b. Piloto: el equipo de planeación realizará el proceso de compras con la lista de material proporcionado.

4. Evaluación

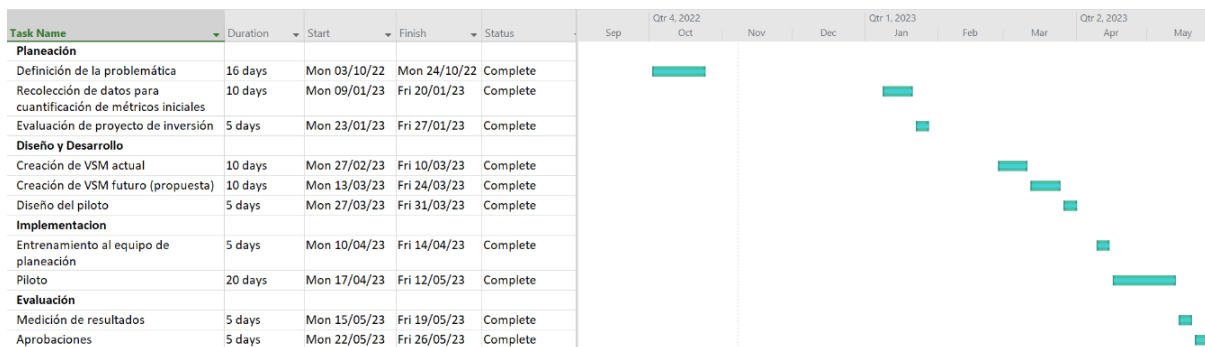
- a. Medición de resultados: comparación de valor inventario inactivo y activo antes y después de la compra de material.
- b. Aprobaciones: obtener aprobaciones finales del equipo de Project Management al igual que de la dirección para la aplicación de la propuesta.

4.3. Cronograma de trabajo

Actividad	Duración	Inicio	Final	Estatus
Planeación				
Definición de la problemática	16 días	Lunes 03/10/22	Lunes 24/10/22	Completo
Recolección de datos para cuantificación de métricos iniciales	10 días	Lunes 09/01/23	Viernes 20/01/23	Completo
Evaluación de proyecto de inversión	5 días	Lunes 23/01/23	Viernes 27/01/23	Completo
Diseño y Desarrollo				
Creación de VSM actual	5 días	Lunes 27/02/23	Viernes 10/03/23	Completo
Creación de VSM futuro (propuesta)	5 días	Lunes 13/03/23	Viernes 24/03/23	Completo
Diseño del piloto	5 días	Lunes 27/03/23	Viernes 31/03/23	Completo
Implementacion				
Entrenamiento al equipo de planeación	5 días	Lunes 10/04/23	Viernes 14/04/23	Completo

Piloto	20 días	Lunes 17/04/23	Viernes 12/05/23	Completo
Evaluación				
Medición de resultados	20 días	Lunes 15/05/23	Viernes 19/05/23	Completo
Aprobaciones	5 días	Lunes 22/05/23	Viernes 26/05/2023	Completo

Figura 7. Diagrama de Gantt del proyecto



Fuente propia.

5. Resultados

5.1. Métricos iniciales

Se clasificó el inventario del negocio en base a los siguientes parámetros:

- Familia de productos: A, B y C, representando en base al inventario total el 50%, 30% y 20% respectivamente.
- Estatus: se identifica como inventario activo todo aquel material que tiene la posibilidad de ser remanufacturado y para el cual hay suficiente cantidad, mientras que el inventario inactivo se refiere a los materiales que no pueden ser

remanufacturados por sí solos y que requieren ser colocados en una solución para la cual no hay material disponible.

- Antigüedad: se refiere al tiempo que lleva el material en bodega sin ser remanufacturado, se clasificó en menor y mayor a 12 meses siendo este último aquél con mayor riesgo de ser desechado.

En la tabla 1 se puede observar la cuantificación del inventario. Se encontró que la familia “A” cuenta con la mayor cantidad de inventario disponible con un total de \$6.24 millones de dólares, de los cuales el 25% se encuentra inactivo y no puede ser utilizado en una solución debido a la falta de materiales u otros componentes que son necesarios para la fabricación de dichas soluciones.

5.2. Métricos obtenidos posteriores a la implementación del proyecto

El piloto resultó ser un éxito ya que se logró recibir el inventario deseado en los tiempos designados en el mapa de cadena de valor.

También se llevó a cabo un análisis para determinar oficialmente qué inventario del que se consideraba inactivo se convertiría en activo para su posterior publicación y venta. Se encontró que, del total de inventario inactivo, el cual tenía un valor de \$1.5 millones de dólares, se activó un total de \$1.25 millones de dólares, representando un 83% el cual supera el 50% que se había propuesto como meta.

A continuación, se pueden observar los resultados en porcentaje y valor monetario después de la implementación:

Tabla 5. Inventario después de la implementación del proyecto

Inventario familia A = \$6.24M				
Estatus de inventario	Activo		Inactivo	
Antigüedad	< 12 meses	> 12 meses	< 12 meses	> 12 meses
\$	\$4.42M	\$1.52M	\$.15M	\$.2M
%	71%	24%	2%	3%

Fuente propia.

6. Conclusiones y aprendizajes

El trabajo de intervención que se realizó en el negocio de remanufactura se enfocó en su totalidad a atacar la problemática de excedente de inventario que llevaba afectando los resultados financieros de la compañía desde años atrás. Si bien este excedente se generó en parte por factores externos al negocio de remanufactura como lo fue el tercerizar la producción de la compañía, lo que principalmente afectó al negocio fue la visión de recuperación de costos con la que operaban el negocio. Esto ocasionó que se descuidara el control y la maximización del inventario generando un excedente que posteriormente no fue posible colocar en una orden de compra debido a la falta de demanda de ciertos componentes individuales.

Estaba claro que la intervención debía atacar los procesos de planeación y compras del negocio, pero no había datos que validaran que una propuesta enfocada a esta área verdaderamente representaría una mejora para el negocio. Es por eso por lo que se realizó un análisis de proyecto de inversión en el cual se confirmó la viabilidad del proyecto ya que con una proyección de inversión de 500,000 dólares se calculó una tasa interna de retorno anual de 194%, la cual estaba dentro de los valores aceptables para continuar con el proyecto.

La siguiente etapa fue la creación del mapa de cadena de valor actual en donde se encontró que las principales áreas de oportunidad del proceso operativo del negocio de remanufactura era, como se estimaba, en los procesos secundarios los cuales en su mayoría estaban ligados al proceso de compras. Se encontró que ya existía un proceso de compras, pero este no era utilizado y por lo tanto tenía tiempos prolongados para la obtención de materiales faltantes mediante un proveedor. En base a esto se creó el mapa de cadena de valor futuro donde se presentan los cambios propuestos para las mejoras deseadas, entre ellos la creación anticipada de las órdenes de compra al igual que el reforzamiento de alianzas con los equipos de cadena de suministro que aprueban estas órdenes de compra hasta los mismos proveedores quienes no cumplían con los tiempos acordados de respuesta.

Durante la etapa final del trabajo de intervención se creó un A3 para organizar de manera resumida y visual la propuesta del mapa de cadena de valor al igual que su plan de implementación con tiempos y medidas de control. Una vez teniendo toda la documentación necesaria se hizo una prueba piloto que resultó exitosa ya que el inventario inactivo y con antigüedad mayor a un año de la familia de productos A disminuyó de un 24% al 5%, comprobando que el proceso propuesto es eficiente.

Bibliografía

1. Banerjee, A., & Moore, J. (2022). The automotive semiconductor crisis and the way forward: COVID-19 shutdowns led to fluctuating demands, “bullwhip” effect. *ISE: Industrial & Systems Engineering at Work*, 54(7), 34–39.
2. BarCharts, I. (2016). *Finance Terminology*. QuickStudy Reference Guides.
3. Briceño, P. (2013). *Evaluación de proyectos de inversión: Herramientas financieras para analizar la creación de valor: Vol. Primera edición*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
4. Carmignani, G. (2017). Scrap value stream mapping (S-VSM): a new approach to improve the supply scrap management process. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3559–3576. <https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.1080/00207543.2017.1308574>
5. Cheng-Kang Chen, & 'Ulya, M. A. (2017). A Continuous Review Inventory Model with Collecting Used Products Consideration. *International Journal of Industrial Engineering*, 24(1), 44–59.
6. *Concepts in Finance*. (2014). Salem Press.
7. Cuatrecasas, L. (Coord.) & Peligros, C. (Coord.). (2013). *Lean Management: la gestión eficiente de la realidad empresarial..* Delta Publicaciones. <https://elibro-net.ezproxy.iteso.mx/es/lc/iteso/titulos/170072>
8. Dashveenjit, K. (21 de septiembre de 2022). Companies won't recover from chip shortages until 2024 or later — Bain & Company. <https://techwireasia.com/2022/09/companies-wont-recover-from-chip-shortages-until-2024-or-later-bain-company/>

9. Georgiadis, P., Vlachos, D., & Tagaras, G. (2006). The Impact of Product Lifecycle on Capacity Planning of Closed-Loop Supply Chains with Remanufacturing. *Production & Operations Management*, 15(4), 514–527.
10. Gil-Lamata, M., & Pilar Latorre-Martínez, M. (2022). The Circular Economy and Sustainability: A Systematic Literature Review. *Cuadernos de Gestión*, 22(1), 129–142.
<https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.5295/cdg.211492mg>
11. Hazen, B. T., Russo, I., Confente, I., & Pellathy, D. (2020). Supply chain management for circular economy: conceptual framework and research agenda. *International Journal of Logistics Management*, The, ahead-of-print(ahead-of-print). doi:10.1108/ijlm-12-2019-0332
12. Kurilova-Palisaitiene, J., Sundin, E., & Poksinska, B. (2018). Remanufacturing challenges and possible lean improvements. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3225–3236.
<https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.1016/j.jclepro.2017.11.023>
13. Plenert, G. (2007). *Reinventing Lean : Introducing Lean Management Into the Supply Chain*. Butterworth-Heinemann.
14. Rabbani, M., Keyhanian, S., Aryaee, M., & Sangari, E. (2018). Solving an Integrated Sales-Leasing Problem With Remanufacturing and Inventory Shortage Using Differential Evolution. *International Journal of Operations Research & Information Systems*, 9(3), 1–26. <https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.4018/IJORIS.2018070101>
15. Scimeca, D. TECHNOLOGY LEADER OF THE YEAR: The US Semiconductor Industry. *Industry Week/IW*. 2022;271(4):16-19. Accessed May 16, 2023. <https://search-ebSCOhost-com.ezproxy.iteso.mx/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=160919601&lang=es&site=ehost-live&scope=site>

16. Seitz, M. A., & Peattie, K. (2004). Meeting the Closed-Loop Challenge: THE CASE OF REMANUFACTURING. *California Management Review*, 46(2), 74–89. <https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.2307/41166211>
17. Singhal, D., Tripathy, S., & Jena, S. K. (2020). Remanufacturing for the circular economy: Study and evaluation of critical factors. *Resources, Conservation and Recycling*, 156, 104681. doi:10.1016/j.resconrec.2020.104681
18. Sparkes, M. (2021). What is causing the global shortage of computer chips? *New Scientist*, 249(3327), 18. [https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.1016/s0262-4079\(21\)00501-7](https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.1016/s0262-4079(21)00501-7)
19. *The New Lean Pocket Guide : Tools for the Elimination of Waste!* (2007). MCS Media, Inc.
20. Zhigang J, Shuo Z, Hua Z, & Yanhong W. (2013). Optimal Acquisition and Inventory Control for a Remanufacturing System. *Discrete Dynamics in Nature & Society*, 1–7. <https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.1155/2013/120256>