

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA APLICADO A UNA
EMPRESA DE ELABORACIÓN DE RETENES A BASE DE
POLIURETANO**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial

Jorge Fernando Enriquez Choque

ASESOR: Ing. José Alan Rau Alvarez
Lima, noviembre del 2021

RESUMEN

El objetivo del presente estudio busca reestructurar el sistema de gestión de inventarios, mejorar el sistema de producción e implementar un sistema de información para la producción de retenes de poliuretano. El estudio abarca desde la definición de las propuestas de mejora hasta su evaluación económica.

Con respecto a la reestructuración del sistema de gestión de inventarios, se propone el método estacional multiplicativo logrando un error de sólo un 8.8%. Con ello, se logra tener una mejor predicción de la demanda futura y planificar actividades a futuro. El nuevo flujo de gestión de inventarios con nuevos parámetros logra reducir un 62% en el inventario de productos en proceso que equivale a un ahorro anual alrededor de S/56,752. Entre los parámetros propuestos, el EOQ* permite usar eficientemente la materia principal hasta en un 20% considerando el tiempo límite antes de la alteración de sus propiedades. Además, como la empresa no maneja un stock de seguridad, se estimó un stock de 13 unidades para evitar quiebres de stock.

Con respecto en la mejora del sistema de producción, se implementará las 5S's para mejorar la productividad, el compromiso en la empresa y, la distribución y delimitación de espacios de trabajo. El uso de Poka-Yoke mantendrá la estandarización de las técnicas de trabajo en los procesos. Con ello, se logrará reducir los tiempos de operación, asegurar la calidad y la reducción de piezas reprocesadas. La práctica de la polivalencia mantendrá la continuidad de las actividades y reducirá los retrasos de entrega por la ausencia del trabajador.

Con respecto a la implementación de un sistema de información, la mayoría de las propuestas implementadas necesita tener un buen soporte del sistema de información para su puesta en marcha. Las plantillas atenuarán los problemas de falta de información y recolección de datos. Además, contribuyen a dar seguimiento y supervisión de todas las actividades. Todo será almacenado en archivos de Excel para su posterior uso en herramientas de control y elaboración de KPI's.

Finalmente, la implementación de las propuestas de mejora exige una inversión inicial de S/ 174,690 hasta el primer año. A partir del segundo año en adelante, la inversión oscila alrededor de S/ 20,500 en cada año. El ahorro estimado es de S/ 69,049.11 y los ingresos adicionales serán de S/6,467.48 anuales. Los resultados obtenidos fueron de una TIR de 33.29% y un VAN de S/ 17,078.99. Al ser la TIR mayor que el COK de 24.71% y el VAN mayor a cero, se concluye que el proyecto es viable.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	2
1.1 Sistema de producción	2
1.1.1 Tipos de producción	2
1.1.2 Métodos de gestión de la producción	4
1.1.2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	5
1.1.2.2 TOC.....	6
1.1.2.3 MRP	8
1.1.3 Principales herramientas de soporte para la gestión de la producción	8
1.2 Gestión de inventario.....	13
1.2.1 Pronósticos.....	14
1.2.1.1 Clasificación de las series temporales.....	14
1.2.1.2 Métodos de pronósticos.....	14
1.2.1.3 Error del pronóstico	17
1.2.2 Inventarios.....	19
1.2.2.1 Propósito de los inventarios.....	19
1.2.2.2 Tipos de inventarios	19
1.2.2.3 Inventarios agregados	21
1.2.2.4 Sistemas de control de los inventarios.....	23
1.2.2.5 Indicadores para la gestión de inventarios.....	24
1.2.2.6 Costos de la gestión de inventarios	26
1.2.2.7 Cantidad económica de pedido (EOQ)	28
1.2.2.8 Sistemas de gestión de inventarios de varios periodos bajo incertidumbre	30
1.2.2.9 Teorema del límite central	34
1.3 Sistema de información	35

1.3.1	Evolución de los sistemas de información orientado a la gestión de inventario	36
1.3.2	Actividades en el sistema de información	37
1.3.3	Componentes en el sistema de información	37
1.3.4	Tipos de sistemas de información.....	38
1.3.5	Etapas de crecimiento del sistema de información	39
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL CASO DE ESTUDIO		41
2.1	Antecedentes del caso de estudio	41
2.2	Análisis de los principales reclamos percibidos por el cliente	42
2.3	Análisis y diagnóstico del sistema de producción actual de retenes	44
2.3.1	Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)	44
2.3.2	Diagrama de recorrido (DR).....	47
2.3.3	<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	48
2.3.4	Problemas asociados al sistema de producción de retenes.....	50
2.3.5	Diagnóstico del sistema de producción.....	51
2.4	Análisis y diagnóstico de la gestión de inventarios actual de retenes	54
2.4.1	Gestión de materias primas	55
2.4.3	Clasificación de los tipos de inventarios	56
2.4.4	Sistema actual de gestión de inventarios de productos terminados ...	56
2.4.4.1	Estimación de proyecciones de ventas.....	56
2.4.4.2	Flujograma del sistema de gestión de inventarios	57
2.4.4.3	Parámetros del sistema actual de gestión de inventarios	58
2.4.5	Problemas asociados a la gestión de inventarios de productos en proceso 60	
2.4.6	Diagnóstico de la gestión de inventarios.....	61
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE MEJORA		65
3.1	Pronósticos.....	66
3.2	Propuesta de sistema de gestión de inventarios.....	70
3.2.1	Flujograma del sistema de gestión de inventarios propuesto.....	71
3.2.2	Parámetros del sistema propuesto de productos terminados.....	72

3.3	5S's	77
3.4	Uso de plantillas para la gestión de información	81
3.5	Uso del Poka-Yoke	82
3.6	Flexibilidad al cambio de funciones	83
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA		85
4.1	Evaluación de la propuesta del sistema de gestión de inventarios de los productos terminados	85
4.1.1	Costo total anual del inventario de ciclo para el sistema actual de productos terminados.....	86
4.1.2	Costo total anual del inventario de ciclo para el sistema propuesto de productos terminados.....	87
4.1.3	Comparación del costo total anual del inventario de ciclo de productos terminados	87
4.2	Evaluación de la propuesta del sistema de gestión de inventarios de los productos en proceso	88
4.2.1	Costo del inventario de productos en proceso para el sistema actual	88
4.2.2	Costo del inventario de productos en proceso para el sistema propuesto.....	89
4.2.3	Comparación de los costos del inventario de productos en proceso..	90
4.3	Costos de implementación de las propuestas de mejora	92
4.4	Ahorros e ingresos adicionales generados por la implementación de las propuestas de mejora.....	95
4.4.1	Ahorros esperados por la implementación de las propuestas de mejora	95
4.4.2	Ingresos adicionales como consecuencia de la implementación de las propuestas de mejora	97
4.5	Flujo de caja del proyecto	97
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		100
5.1	Conclusiones	100
5.2	Recomendaciones.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Guía para seleccionar un método de pronóstico apropiado	16
Tabla 2: Técnicas de pronóstico y modelos comunes	17
Tabla 3: Control de inventarios y sistemas de pronósticos de acuerdo con la clasificación ABC	22
Tabla 4: Uso de los sistemas híbridos	23
Tabla 5: Cuadro resumen de indicadores para la gestión de inventarios	24
Tabla 6: Diferencias entre cantidad de pedido fija y periodo fijo.....	34
Tabla 7: Principales productos según el material	42
Tabla 8: Ocurrencia de los reclamos según encuesta.....	43
Tabla 9: Distribución de los reclamos según encuesta	43
Tabla 10: Capacidad de producción diaria por área a partir de encuesta.....	46
Tabla 11: Porcentaje de reprocesos a partir de muestra.....	46
Tabla 12: Porcentaje de merma a partir de muestra	46
Tabla 13: Porcentaje de defectuosos a partir de encuesta.....	47
Tabla 14: Porcentaje de eficiencia a partir de encuesta	47
Tabla 15: Tiempo y distancia recorrida entre procesos a partir de toma de tiempos	48
Tabla 16: Tiempos de espera, mantenimiento y parada de máquina a partir de toma de tiempos y encuestas en minutos	48
Tabla 17: Composición del retén Pumping Seal – HQ por entrevista	55
Tabla 18: Stock promedio de los insumos utilizados para el Pumping Seal - HQ....	55
Tabla 19: Valor de inventarios promedio según su tipo.....	56
Tabla 20: Parámetros de la gestión de inventarios	59
Tabla 21: Cantidad de piezas entre estaciones de trabajo y su duración en días ...	60
Tabla 22: Resumen de los principales problemas vs las acciones propuestas	65
Tabla 23: Indicadores de error por periodo de evaluación (M1)	67
Tabla 24: Indicadores de error por periodo de evaluación (M2)	67
Tabla 25: Indicadores de error por periodo de evaluación (M3)	68
Tabla 26: Pronóstico de marzo obtenido del M3	69
Tabla 27: Pronóstico de marzo del M4.....	69
Tabla 28: Medidas de error en marzo con M4.....	69
Tabla 29: Resumen de pronósticos y errores obtenidos de los cuatro métodos.....	70
Tabla 30: Comparación de indicadores para estimar el lote de producción.....	76
Tabla 31: Impacto de las 5´S por área de trabajo	79
Tabla 32: Plan detallado de responsables en las etapas 5´S.....	80

Tabla 33: Plantillas para el sistema de producción	81
Tabla 34: Plantillas para la gestión de inventarios	81
Tabla 35: Aportes del Poka Yoke por área de trabajo	82
Tabla 36: Principales aportes de las herramientas en la fabricación de los retenes de poliuretano	83
Tabla 37: Comparación de costos del sistema actual y propuesto de productos terminados	87
Tabla 38: Tipo de pedido y su demanda semanal del sistema actual.....	88
Tabla 39: Simulación de los requerimientos de pedidos pequeños para el sistema actual.....	89
Tabla 40: Cantidad promedio final por operación de productos en proceso del sistema actual.....	89
Tabla 41: Pedido total por semana del sistema propuesto de productos en proceso	90
Tabla 42: Simulación de requerimientos para el sistema propuesto	90
Tabla 43: Cantidad promedio final por operación de productos en proceso del sistema propuesto	90
Tabla 44: Inversión y porcentaje relativo por tipo de inventario del sistema actual..	91
Tabla 45: Inversión y porcentaje relativo por tipo de inventario del sistema propuesto	91
Tabla 46: Comparación del costo relativo anual del sistema actual y propuesto de productos en proceso	91
Tabla 47: Costos de implementación por cada propuesta de mejora	92
Tabla 48: Ahorros estimados según cada propuesta de mejora.....	96
Tabla 50: Flujo de caja proyectado	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución por proyecto	2
Figura 2: Distribución por proceso de trabajo.....	3
Figura 3: Procesamiento por lotes	3
Figura 4: Distribución por flujo	4
Figura 5: Proceso continuo	4
Figura 6: Componentes del TOC	7
Figura 7: Símbolos del VSM	9
Figura 8: Modelo del VSM	9
Figura 9: Pasos de las 5S's	10
Figura 10: Kanban de transporte	11
Figura 11: Kanban de producción	11
Figura 12: Funcionamiento del uso kanban	11
Figura 13: Gráficas de costos anuales de mantener, ordenar y total.....	28
Figura 14: Patrones típicos de cantidades en inventarios independientes de la demanda a lo largo del tiempo.....	30
Figura 15: Determinación del punto de reorden	31
Figura 16: Modelo de inventario de periodo fijo	32
Figura 17: Teorema central del límite.....	34
Figura 18: Evolución del almacenamiento de datos	36
Figura 19: Evolución en la preparación de pedidos.....	36
Figura 20: Tipos de sistemas de información según el nivel organizacional.....	38
Figura 21: DOP de los retenes de poliuretano	45
Figura 22: Diagrama de recorrido	47
Figura 24: Diagrama de causa - efecto del sistema de producción	52
Figura 25: Flujograma del sistema de inventarios actual.....	57
Figura 26: Sistema de inventarios actual	59
Figura 27: Diagrama de causa - efecto de la gestión de inventarios	62
Figura 28: Demanda semanal de los retenes Pumping Seal - HQ	66
Figura 29: Flujograma del sistema de inventarios propuesto	71
Figura 30: Diagrama de árbol del tiempo promedio en atender un pedido	73
Figura 31: Histograma de la demanda	75
Figura 32: Gráfica de probabilidad de la demanda.....	75
Figura 33: Propuesta del sistema de inventarios	77
Figura 34: Diagrama de Gantt de las herramientas propuestas	94

INTRODUCCIÓN

La empresa en estudio fabrica y comercializa repuestos a base de poliuretano, bronce, caucho y resortes para máquinas del sector minero e hidráulico. El objetivo del presente trabajo busca reestructurar la gestión de inventarios, asegurar la continuidad de la producción y mejorar el sistema de información para la toma de decisiones. Para el presente estudio, se eligió el producto estrella de la empresa, el cual, además, pasa por la mayoría de las áreas de trabajo. Entre las técnicas aplicadas, se encuentran los métodos de pronósticos, el modelo de gestión de inventarios, las 5S's, las técnicas de calidad y las herramientas para el manejo de datos. A continuación, se mostrará la estructura del presente estudio.

En el primer capítulo, se presenta el marco teórico. Primero, se explica el sistema de producción en donde se mencionan los tipos de producción, gestión de producción y herramientas de soporte. Segundo, se detallan los métodos de pronósticos y, herramientas para seguimiento y control de inventarios. Tercero, se indican las principales herramientas y equipos de soporte para el sistema de información.

En el segundo capítulo, se detalla el análisis y diagnóstico del caso de estudio. Se inicia con una breve descripción de la empresa y se elige el producto para el presente estudio. Seguidamente, se procede con el análisis y diagnóstico tanto del sistema de producción como del sistema de gestión de inventarios.

En el tercer capítulo, se explica las propuestas de mejora. Por un lado, se detalla el método de pronóstico a usar, la estructura del nuevo sistema de gestión de inventarios y sus parámetros. Además, se propone el uso de las 5S's, Poka-Yoke, polivalencia y plantillas para la recolección de datos. Por el otro lado, se indican los beneficios de las propuestas de mejora en los tiempos de trabajo.

En el cuarto capítulo, se realiza la evaluación económica de las propuestas. Primero, se evalúan los costos del sistema de gestión de inventarios tanto de los productos terminados como de los productos en proceso. Segundo, se estima la inversión total requerida, los ahorros e ingresos adicionales para las propuestas de mejora. Tercero, se procede a realizar el flujo de caja del proyecto y analizar la viabilidad del proyecto.

Por último, en el quinto capítulo, se mencionan las conclusiones y recomendaciones a partir del análisis de las propuestas de mejora. Estas propuestas permitirán un mejor manejo en el sistema de inventarios, asegurar la continuidad de la producción y un adecuado manejo del sistema de información.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo se dividirá en tres partes. En primer lugar, se explicará sobre el sistema de producción con el fin de entender los elementos involucrados dentro del proceso. En segundo lugar, se explicará acerca de la gestión de inventarios debido a que es necesario revisar el flujo de entradas y salidas de las existencias. Finalmente, se explicará sobre el sistema de información, ya que procesa y administra la base de datos.

1.1 Sistema de producción

El sistema de producción estudia la relación e interacción de los elementos dentro de un proceso de producción tales como las máquinas, personas, materiales y los procedimientos empleados. Su objetivo es lograr un resultado de calidad en el plazo establecido y con el menor costo. En el presente capítulo, primero, se detallarán los cinco tipos de producción más comunes dentro de una organización. Segundo, se mencionarán los métodos de gestión de la producción más conocidos y relevantes para el caso. Por último, se explicarán las herramientas que dan soporte para lograr cumplir con el objetivo del sistema de producción.

1.1.1 Tipos de producción

Para Chapman (2006) y, Chase y Jacob (2018), el proceso que se utiliza en la producción se clasifica en cinco tipos, pero, en la práctica, muchas veces se pueden dar diversas combinaciones entre estos tipos. En general, los cinco tipos son los siguientes:

- a. Proyecto: El producto a generar permanece en un lugar fijo y el equipo de producción va hacia él y no sucede lo contrario. Casi siempre son utilizados al momento de fabricar un único modelo de producto como un edificio. Suelen ser administrados por equipos de individuos elegidos selectivamente en base a sus habilidades particulares para esa actividad, ver figura 1.

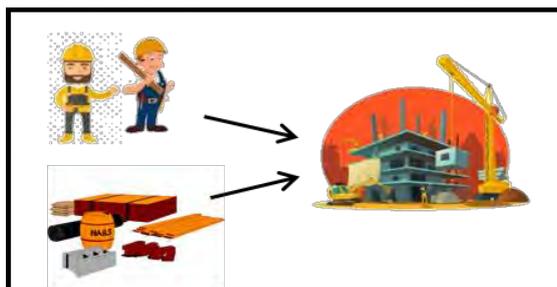


Figura 1: Distribución por proyecto

- b. Proceso de trabajo: Tiene como objetivo lograr la flexibilidad en la producción. Se agrupan equipos o funciones semejantes de trabajo. A partir de ello, se puede generar varios tipos de productos siguiendo diferentes secuencias. Los trabajadores están altamente calificados en sus labores, ver figura 2.

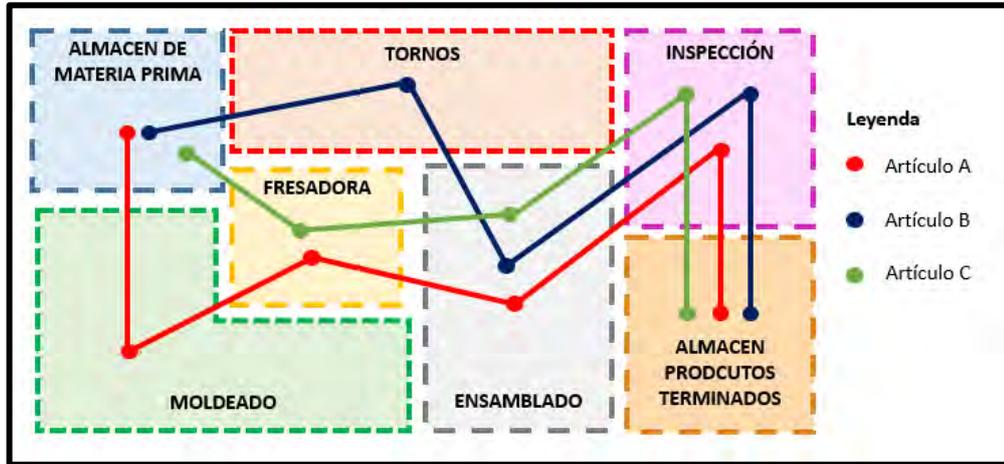


Figura 2: Distribución por proceso de trabajo

- c. Procesamiento por lotes o intermitente: A diferencia del proceso de trabajo, los empleados son más especializados. Sin embargo, son capaces de crear pequeñas cantidades por separado conocidos como lotes con diferentes diseños debido a que cuentan con la flexibilidad necesaria para realizar cambios en sus actividades. No se requiere que todos los trabajadores sean especialistas en sus labores; ya que, para generar las características claves del producto, estas recaen en el equipo más especializado, ver figura 3.

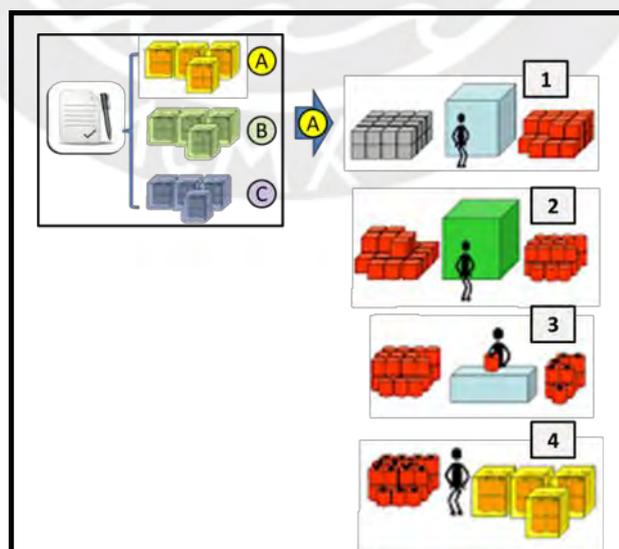


Figura 3: Procesamiento por lotes

- d. Procesamiento repetitivo o de flujo: Se produce un gran volumen de productos con poca variedad de diseños. La fabricación de cada pieza es en línea recta y sigue la secuencia necesaria para procesarse. El equipo suele ser altamente calificado y costoso; por ello, requiere poca mano de obra que suele no ser altamente calificada, ver figura 4.

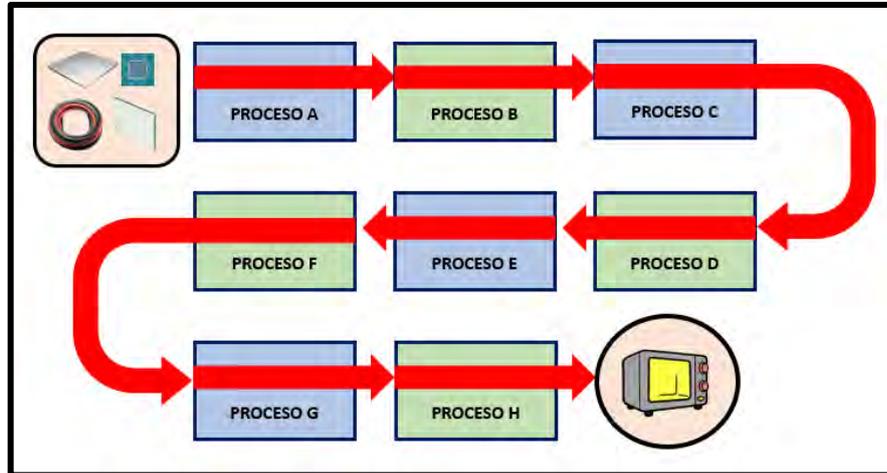


Figura 4: Distribución por flujo

- e. Continuo: Su propósito es fabricar un gran volumen de pedidos con las mismas características. En este caso, hay una baja flexibilidad debido a que gran parte del proceso es automatizado. Se requiere muy poca mano de obra, ya que el equipo es muy especializado, ver figura 5.

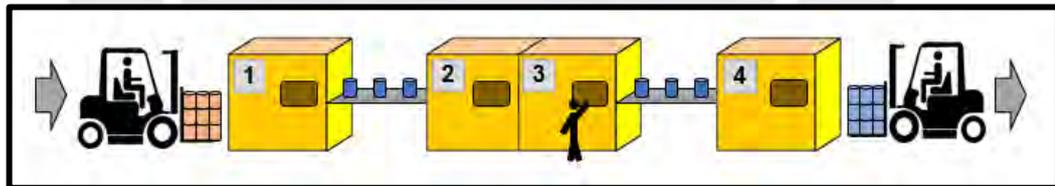


Figura 5: Proceso continuo

1.1.2 Métodos de gestión de la producción

Dentro de los métodos para la gestión de la producción, el enfoque se dará en la aplicación de tres de ellos. Primero, la filosofía *Lean manufacturing* nos mostrará los diferentes tipos de desperdicios que existen dentro de las áreas de trabajo. Segundo, la teoría de las restricciones (TOC) identificará el proceso que limita la salida de producción del sistema, también conocido como el cuello de botella. Tercero, se presentará el sistema MRP para poder determinar la cantidad y el tiempo requerido para la entrega y producción de artículos.

1.1.2.1 Lean Manufacturing

James Womack es reconocido por introducir el término Lean a nivel mundial a partir de su investigación realizada en Toyota en su libro llamado *La Máquina que Cambió el Mundo*. De acuerdo a James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos (2017), señalan que todo sistema lean debe identificar el valor para alinear los procesos del flujo hacia el producto, buscando el crecimiento del valor en cada actividad y eliminando aquellas que no lo son para satisfacer la solicitud del cliente.

Según Hernández y Vizán (2013), *Lean manufacturing* es una filosofía de trabajo basada en las personas que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción enfocándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios mediante la aplicación de sus técnicas. Cabe señalar que los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios son llamados desperdicios. Existen varios tipos de desperdicios, los cuales se detallarán a continuación.

Tipos de desperdicios

- a) Exceso de almacenamiento: Es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más próximas. Los excesos de stocks son la forma de desperdicio más clara porque esconden ineficiencias y problemas crónicos.
- b) Sobreproducción: Consiste en fabricar más cantidad de la requerida o invertir en equipos con mayor capacidad de la necesaria. Al producir en exceso, se pierde tiempo en fabricar productos que no se necesitan y dinero en generar costos de material, transporte y almacén adicional.
- c) Tiempo de espera: Se da cuando algunos operarios permanecen parados mientras que otros están saturados de trabajo debido a un mal diseño de los procesos. También, se considera al tiempo perdido como resultado de un proceso ineficiente en donde existen paradas de los trabajadores.
- d) Transporte: Es el resultado de movimiento de materiales entre centros de trabajo. Todo tipo de movimiento innecesario debe ser reducido, ya que no aporta ningún valor agregado al producto. Lo más adecuado sería que las máquinas y las líneas de producción se encuentren lo más cerca posible para reducir tiempos de transporte.
- e) Movimientos Innecesarios: Según Heizer y Render (2014), son los movimientos de equipos o personas que no agregan valor. También, se considera a cualquier

movimiento que se realice y este no logre generar valor agregado para el producto o servicio. El valor agregado es la característica que un producto o servicio ofrece con el propósito de generar mayor valor en la percepción del consumidor.

- f) Productos defectuosos: Son los productos devueltos por algún desperfecto, los cuales podrían ser procesados nuevamente o desechados. Para la compañía involucra pérdida de productividad, ya que incluye trabajo extra que debe realizarse.
- g) Sobre procesamiento: Para Radajell y Sánchez (2010), es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el valorado por el cliente. El objetivo de un proceso productivo debería ser el de obtener un producto acabado sin aplicar más tiempo ni esfuerzo de lo requerido por el cliente.

1.1.2.2 TOC

Chase y Jacob (2018) mencionan que la teoría de restricciones (TOC) se enfoca en mejorar la operación que restringe un proceso crucial o el componente más débil que limita el desempeño de todo el sistema. Si se logra administrar adecuadamente estos elementos, habrá una mayor probabilidad de lograr un mejor desempeño general del sistema en relación con su meta. A continuación, se presenta el procedimiento para implementar el TOC y las reglas para programar la producción de acuerdo con Chapman (2006) y, Heizer y Render (2014):

- Procedimiento para implementar el TOC
 - a) Determinar las limitaciones, conocidas como restricciones.
 - b) Elaborar un plan de acción para mitigar las limitaciones encontradas.
 - c) Destinar los medios necesarios para lograr la realización del paso b
 - d) Reducir la carga de trabajo o ampliar la capacidad de planta con la finalidad de reducir los efectos de las restricciones
 - e) Asegurar que las restricciones sean reconocidas por todos los afectados
 - f) Cuando se supere las restricciones, iniciar de nuevo con el paso a.
- Reglas para programar la producción: El método está denominado como tambor-amortiguador-cuerda:
 - Tambor: Marca el ritmo del sistema, es decir, representa el tiempo de producción determinado por la restricción.

- Amortiguador: Es el recurso que permite mantener las restricciones funcionando a su capacidad, siendo la mayoría de los casos el inventario.
- Cuerda: Permite mover las unidades a través del sistema, ya que proporciona la sincronización necesaria. La cuerda se asemeja a las señales del Kanban.

A continuación, en la figura 6 se presenta gráficamente los tres elementos en el TOC:

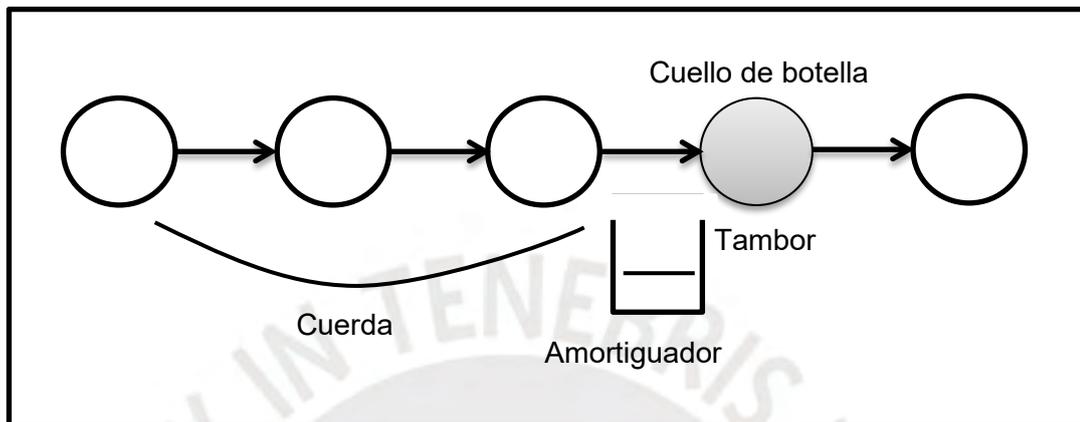


Figura 6: Componentes del TOC

Cuello de botella

Son restricciones que limitan la salida de producción en los centros de trabajo. Los cuellos de botella tienen la menor capacidad en comparación de los demás centros de trabajo; por ello, limitan la salida de productos. Heizer y Render (2014) indican que la mayoría de las instalaciones orientadas al proceso cuentan con cuellos de botellas en sus centros de trabajo. A continuación, se presentan algunas medidas a tomar para enfrentar los cuellos de botella:

- Aumentar la capacidad de la restricción en el centro de trabajo. Se necesitará inversión de capital o de personal para su realización.
- Brindar capacitaciones a los empleados en el centro de trabajo que ocasiona la restricción con el fin de operar y mantener la continuidad en sus labores.
- Elaborar alternativas para las rutas, diseñar procedimientos del procesamiento o tercerizar la actividad.
- Reubicar las inspecciones y pruebas justo antes del cuello de botella con el fin de rechazar los defectos potenciales.
- Ajustar la velocidad de producción a la capacidad del cuello de botella con el fin de reducir las actividades de los centros de trabajo que suministran al cuello de botella.

1.1.2.3 MRP

Rajadell y Sánchez (2010) definen a la planeación de requerimiento de materiales (MRP) como un sistema para determinar la cantidad y el tiempo requerido para la entrega y producción de artículos. Es usado en un sistema de producción tipo *push*, ya que consiste en diseñar un programa de producción para cada proceso. Con este sistema, el centro de trabajo anterior empuja, con su producción, las operaciones de los procesos siguientes. Para Chapman (2006), el principal motivo por el que no se utilizaba el MRP cuando recién surgió se debía a la cantidad excesiva de cálculos. El avance tecnológico dio lugar a la aparición de las computadoras e hicieron más confiable, económico y viable al sistema MRP. Heizer y Render (2014) señalan que los requisitos previos MRP son los siguientes:

- Programa de producción maestro (MPS): Indica el número de productos o artículos terminados que deben hacerse.
- Lista estructurada de materiales (BOM): Señala la lista de las cantidades de componentes, ingredientes y materiales requeridos.
- Los registros de compras e inventarios: Tener acceso a los registros de los pedidos y las fechas de entregas programadas que están pendientes, así como el inventario actual.
- Tiempos de entrega para cada artículo: Para un artículo manufacturado es la suma de los tiempos necesarios para trasladar, preparar y ensamblar un componente. Por otro lado, para un artículo comprado es el tiempo que transcurre entre el reconocimiento de la necesidad de una orden y el momento en que el artículo está disponible para producción.

Luego de cumplir con los requisitos previos, se procede a elaborar el plan de requerimientos brutos de materiales. Los resultados obtenidos del MRP indican cuándo debe ordenarse un artículo o cuándo debe iniciar la producción de un artículo para satisfacer la demanda.

1.1.3 Principales herramientas de soporte para la gestión de la producción

a) *Value Stream Mapping* (VSM)

Radajell y Sánchez (2010) describen el VSM como una herramienta que indica la secuencia de los materiales y también de la información desde el proveedor hasta el cliente final. Se trata describir las actividades que actualmente se realizan para la obtención de un producto de manera visual y sencilla. A partir del uso de esta

herramienta es posible identificar la cadena de valor de la empresa y erradicar aquellas actividades que no aportan valor añadido al negocio. La cadena de valor son las actividades necesarias para generar valor al producto final por medio de la transformación de materiales e información. Los beneficios de la aplicación del VSM son los siguientes:

- Ayudar a tener una visualización global y más simple del proceso.
- Enlazar tanto el flujo de información como el flujo material en un gráfico utilizando una simbología unificada.
- Implementar mejoras a partir de un sistema estructurado

A continuación, se presentan los símbolos dentro del VSM en la figura 7 y un modelo de esta herramienta para entender visualmente su estructura en la figura 8.

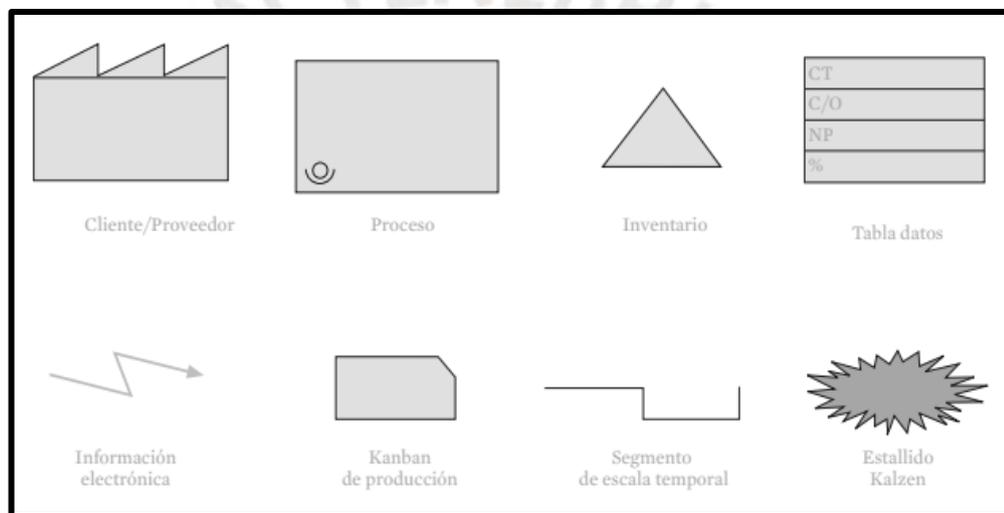


Figura 8: Modelo del VSM
Fuente: Hernández y Vizán, 2013

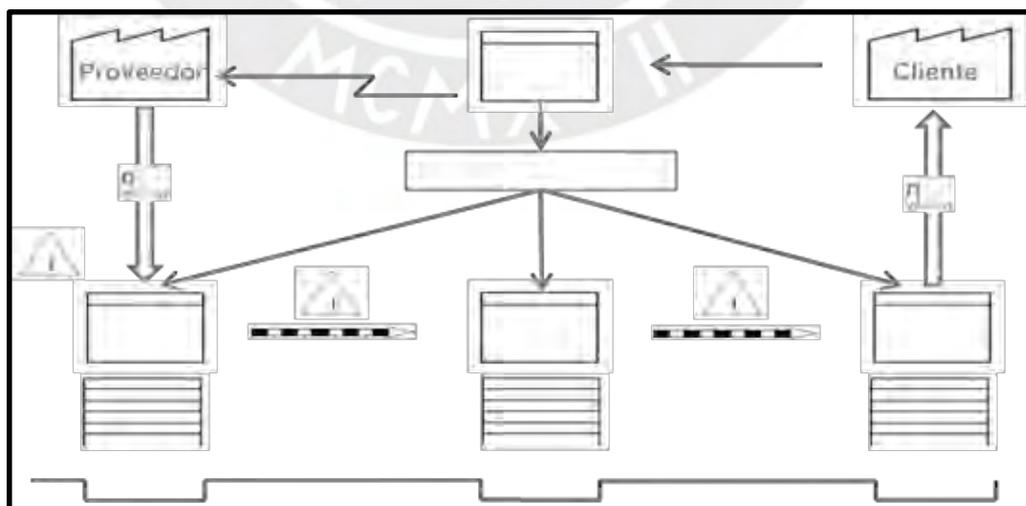


Figura 7: Símbolos del VSM

b) 5s

Para Hernández y Vizán (2013), las 5s consisten en la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo. Es una técnica con excelentes resultados por su sencillez y efectividad por lo que es la primera herramienta por implementar en toda empresa que aborde el *Lean Manufacturing*. Heizer y Render (2014) definen las 5s como una lista de verificación que sigue un proceso de cinco pasos. Estos pasos se componen de palabras en japonés cuya fonética empieza por “s”. A continuación, en la figura 9 se detallan los 5 pasos:

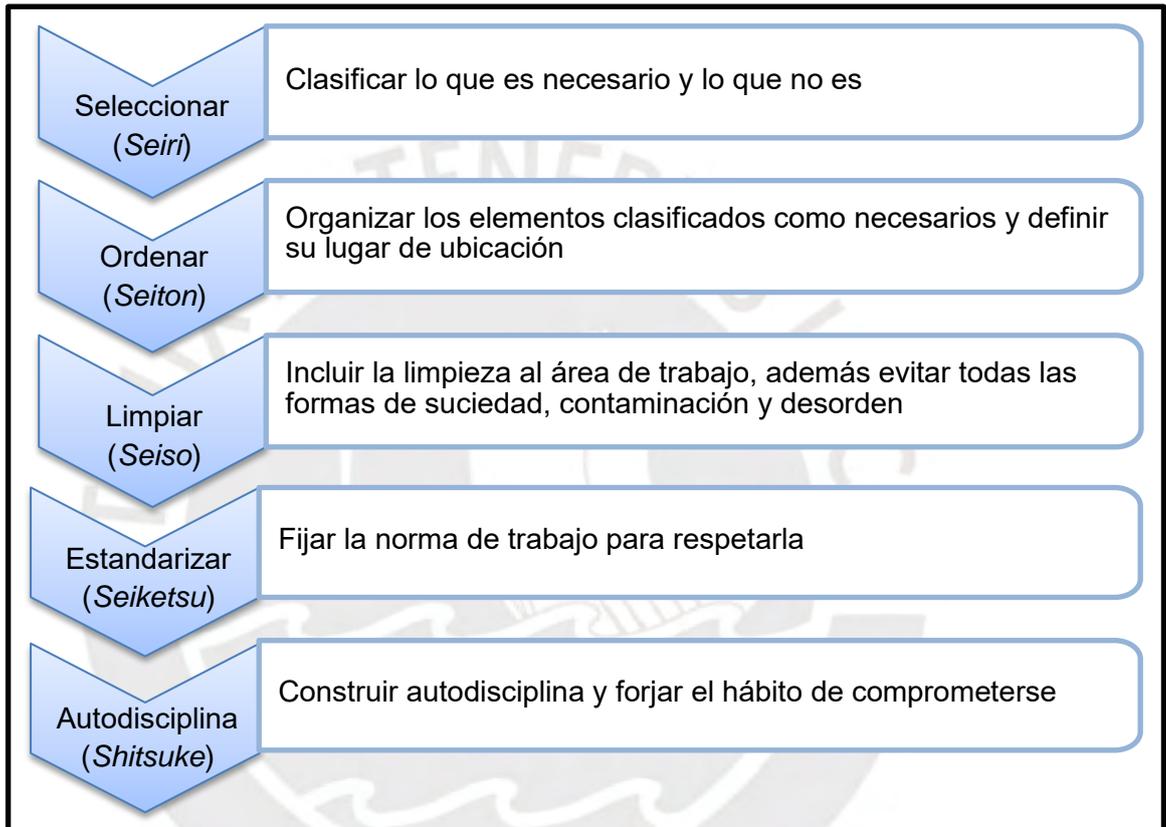


Figura 9: Pasos de las 5S's

Algunos aspectos por considerar para la implementación de las 5s son los siguientes:

- Contar con el compromiso de la alta gerencia para su puesta en marcha
- Inversión de tiempo por parte de los operarios, además de contar con disponibilidad para ejecutar nuevas actividades que se mantendrán constantes en el tiempo
- Preparar material didáctico para explicar a los operarios la importancia de las 5s y los conceptos básicos de la metodología
- Escoger un área piloto y concentrarse en ella, porque servirá como aprendizaje y punto de partida para el despliegue al resto de la organización

c) *Kanban*

Según Hernández y Vizán (2013), es un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas. En japonés, *kanban* significa tarjeta o registro visible. El principal aporte del uso de estas tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento del material vendido con el fin de reducir los stocks no deseados. Existen dos tipos de *kanban*:

- El *kanban* de transporte: Las tarjetas indican el tipo de pieza y la cantidad que se trasladará de un área de trabajo hacia la siguiente, ver figura 10.

Kanban de Transporte		
Código:		
Descripción:		
Medio de transporte:		
Cap. Caja	Tipo Caja	Kanban N°

De:
A:

Figura 10: Kanban de transporte

- El *kanban* de producción: Las tarjetas indican el tipo de pieza y la cantidad a fabricar dentro de la misma estación de trabajo, ver figura 11.

KANBAN	
CÓDIGO ART:	
DESCRIPCIÓN:	
Cantidad a fabricar	Consumo promedio
Cantidad de Tarjetas KANBAN:	
Almacén Estante:	
Material:	

Figura 11: Kanban de producción

Rajadell y Sánchez (2010) establecen un modelo de ciclo de *kanban* básico que se puede apreciar en la figura 12:

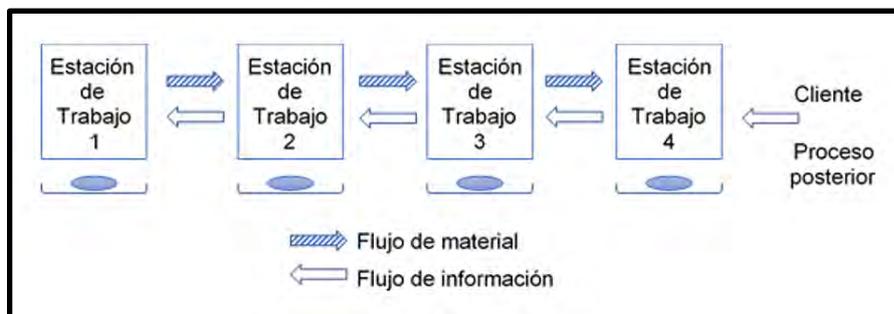


Figura 12: Funcionamiento del uso kanban

De la figura anterior, el ciclo empieza cuando la estación de trabajo 4 recibe una solicitud de algún cliente final o de un cliente interno, como otra línea de producción y, posteriormente, lanza una orden de fabricación. Al poner en marcha la orden, será necesario preparar otro lote por la estación de trabajo 3 con el fin de reponer lo utilizado que se interpreta como una orden de fabricación. Este acontecimiento se propaga en las demás estaciones de trabajo anteriores. El uso de las tarjetas *Kanban* es importante, ya que es el medio de comunicación utilizado para generar las órdenes de fabricación entre estaciones de trabajo.

d) Círculos de calidad

Tienen como objetivo tratar problemas o mejorar el funcionamiento dentro del área de trabajo. Además, Hernández y Vizán (2013) lo relacionan con la mejora continua, la cual tiene el enfoque de revisar continuamente las operaciones para buscar la mejora y optimizar los procesos. A continuación, se señalarán algunas herramientas, las cuales se agruparán en dos bloques:

➤ **Técnicas de calidad:** Estas técnicas están enfocadas en la disminución y eliminación de defectos. Entre ellas, se presentan el *jidoka* y el *poka-yoke*.

I. *Jidoka*: Es un término japonés que significa automatización con un toque humano. Según Hernández y Vizán (2013), y Rajadell y Sánchez (2010), el objetivo de esta técnica es asegurar la calidad por medio de un autocontrol para tener la certeza de que cada proceso proporcionará unidades aceptables al siguiente proceso. Es decir, si existe alguna anomalía, este se detendrá de forma automática o manual.

II. *Poka-yoke*: Es un término en japonés que significa a prueba de errores. Hernández y Vizán (2013) afirman que esta técnica se basa en mecanismos o dispositivos instalados que evitan con seguridad los defectos a pesar de presentar algún error humano. Para Rajadell y Sánchez (2010), son las innovaciones que se hacen en las herramientas y los equipos, en los cuales se instalan dispositivos que prevengan los defectos. *Poka-yoke* tiene tres funciones básicas contra los defectos: parar, controlar y avisar. Esta herramienta se caracteriza por dos razones:

- **Simple:** Pequeños dispositivos de acción inmediata, muchas veces sencillos y económicos
- **Eficaces:** Actúan por sí mismos con independencia del operario.

- Técnicas de seguimiento: Estas técnicas están enfocadas en la supervisión y control de las actividades involucradas dentro del proceso de producción. Entre ellas, se presentan el control visual y los KPI's.
- I. Control visual: Heizer y Render (2014) indican que son un conjunto de medidas de comunicación que permiten plasmar las anomalías y problemas del sistema productivo, con el fin de implementar posibles mejoras. Entre las herramientas de control visual, tenemos a los tableros de gestión visual y el andón.
- Los tableros de gestión visual: Son excelentes espacios que sirven como marco metodológico para orientar el flujo de ideas y brindar un contexto de la situación a ser analizada.
 - *Andon*: Hernández y Vizán (2013) señalan que es un dispositivo de control visual y/o auditivo que permite conocer el estado actual de la producción y alertar a los equipos de trabajo sobre el surgimiento de problemas informando sobre el tipo de anomalía.
- II. *KPI*: Son indicadores que permiten el seguimiento de los progresos de la mejora continua en las empresas. Además, ayudan a poder calcular las desviaciones respecto al objetivo y medir la eficiencia.

A continuación, se detallan algunos consejos para implementar los círculos de calidad en los procesos:

- Los operarios son un elemento importante al momento de implementar alguna mejora, ya que ellos realizan la parte operativa del trabajo.
- Se deben establecer reuniones periódicas con el fin de buscar opciones de mejora dentro del proceso de producción.
- Antes de implementar algún mecanismo de mejora, primero se debe pasar por un periodo de evaluación dentro de una estación de trabajo para su posterior expansión.

1.2 Gestión de inventario

La gestión de inventarios busca atenuar el riesgo de no poseer el inventario suficiente para atender la demanda de los consumidores, así como en la producción o suministro de productos. Además, tiene como objetivo reducir al mínimo posible los niveles de existencias. Primero se mencionarán los métodos de pronósticos con el fin de reducir la incertidumbre del futuro de las demandas. Luego, centrarse en

conocer los tipos de inventarios, los sistemas de control e indicadores que nos ayuden a evaluar el desempeño en la gestión de inventarios.

1.2.1 Pronósticos

Según Vidal (2010), el sistema de pronósticos es clave para el cumplimiento de los objetivos de la organización y mejoramiento de su competitividad, ya que su ausencia puede causar problemas con el servicio al cliente y/o desbalance en los inventarios. El desbalance de inventarios implica que el stock teórico no coincida con el stock real de inventarios, lo cual afecta negativamente al momento de atender la demanda de los clientes en el tiempo y en las cantidades solicitadas.

Dependiendo del comportamiento de los datos que uno tenga, se tendrán diferentes alternativas de métodos de pronóstico a considerar. Existen dos clases de métodos de pronósticos: cualitativos y cuantitativos. Al momento de seleccionar un método de pronóstico entre los calificados, el factor más relevante será aquel que tenga el menor error generado entre ellos.

1.2.1.1 Clasificación de las series temporales

Peña (2010) señala que existen dos tipos de series, los cuales son los siguientes:

- a) Estacionales: Una serie es estacionaria, cuando su comportamiento permanece constante a lo largo del tiempo. Además, las propiedades estadísticas, la media y la varianza, permanecerán constantes en el tiempo.
- b) No estacionales: La tendencia y/o variabilidad del comportamiento de la serie cambia a lo largo del tiempo. En este caso, las propiedades estadísticas no tendrán un comportamiento constante a través del tiempo.

1.2.1.2 Métodos de pronósticos

Diversos autores reconocen los siguientes métodos de pronósticos:

- a. Cualitativos: Según Chase y Jacob (2018), resaltan que los pronósticos cualitativos son subjetivos, ya que están basados a partir de la experiencia y juicio de expertos. Este método se utiliza ante carencia de datos históricos. A continuación, se detallan los principales métodos cualitativos:
 - Técnicas acumulativas: Se crea el pronóstico sumando en sucesión desde la parte de abajo; es decir, la base de este método comienza desde la persona que está más cerca del cliente, ya que conoce mejor sus necesidades futuras.

- Investigación de mercados: Se establece para recopilar datos de varias formas tales como encuestas, entrevistas, etc. con el objetivo de buscar nuevas ideas, conocer los gustos y disgustos relacionados con los productos existentes, nuevos productos, etc.
 - Grupos de consenso: Está relacionado al intercambio libre en las juntas. El objetivo es llegar a mejores resultados a partir de la discusión en grupo. Los participantes pueden ser ejecutivos, vendedores o clientes.
 - Método de Delfos: Se realiza sobre grupos de consenso, pero esta vez los participantes tienen el mismo peso de votación. La identidad se oculta de los participantes en el estudio para seguir el proceso de evaluación siguiente:
 - 1) Elegir a expertos con conocimientos de distintas áreas
 - 2) Realizar un cuestionario
 - 3) Resumir y enviar los resultados
 - 4) Reformular y plantear las nuevas preguntas
 - 5) Repetir el paso anterior si es necesario
 - 6) Distribuir los resultados finales
- b. Cuantitativos: Los métodos cuantitativos se dividen en dos tipos:
- Series de tiempo: Ballou (2004), resalta el uso de modelos matemáticos y estadísticos como las principales herramientas de pronóstico con este método. Si se dispone de información histórica y el comportamiento de la demanda es similar a lo que se venía presentando en el tiempo, la proyección del pronóstico puede ser efectiva al corto plazo con este método. La demanda futura se predice a partir de alguno de los siguientes métodos mostrados en la tabla 1 según Chase y Jacob (2018):

Tabla 1: Guía para seleccionar un método de pronóstico apropiado

Método de pronóstico	Monto de datos históricos	Patrón de los datos	Horizonte de pronóstico
Promedio móvil simple	6 a 12 meses, a menudo se utilizan datos semanales	Los datos deben ser estacionarios	Corto a mediano
Promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple	Para empezar, se necesitan de 5 a 10 observaciones	Los datos deben ser estacionarios	Corto
Suavización exponencial con tendencia	Para empezar, se necesitan de 5 a 10 observaciones	Estacionarios y con tendencias	Corto
Regresión lineal	De 10 a 20 observaciones; para la temporalidad, por lo menos 5 observaciones por temporada	Estacionarios, con tendencias y temporalidad	Corto a mediano

Fuente: Chase y Jacob, 2009

- Causales: Vidal (2010) afirma que los métodos causales asumen alta correlación entre los pronósticos de la demanda y ciertos factores externos. Según Ballou (2004), en la medida que puedan describirse adecuadas relaciones de causa y efecto, los modelos causales son bastante buenos para pronosticar sobre un periodo de mediano a largo plazo, ver tabla 2.

Tabla 2: Técnicas de pronóstico y modelos comunes

Método de pronóstico	Descripción
Análisis de regresión	Tiene una similitud al método de mínimos cuadrados en las series de tiempo, pero con la diferencia de que podría poseer varias variables. Se desarrolla a partir de la aparición de otros eventos.
Modelos econométricos	Usa una serie de ecuaciones interdependientes para estimar sectores de la economía.
Modelos de entrada/salida	Establece los cambios en las ventas que espera tener una empresa como consecuencia a los cambios que se producen en el comportamiento de compras de otra empresa. Esta herramienta es mayormente utilizada al revisar las ventas entre industrias o con el gobierno.
Principales indicadores	Estadísticas que se comportan en el mismo sentido que la serie a pronosticar.

Fuente: Chase y Jacob, 2018

1.2.1.3 Error del pronóstico

Según Vidal (2010), los pronósticos siempre tendrán margen de error, debido a que se intenta predecir lo que ocurrirá a futuro en las demandas. Saber y controlar los errores del pronóstico son la clave en un sistema de gestión de inventarios

Se calcula como la resta entre el valor real observado y su pronóstico calculado en algún periodo anterior observado.

$$e_t = X_t - \hat{X}_t$$

Dónde:

X_t = Valor real observado de la demanda

\hat{X}_t = Pronóstico calculado de la demanda

Chase y Jacob (2018) definen principalmente el término error como la diferencia entre el valor de pronóstico y lo que ocurrió en realidad. Al analizar los errores de

pronósticos, es conveniente distinguir entre las fuentes de error y la medición de errores.

- a. Fuentes de error: Se pueden clasificar como sesgados o aleatorios. En el caso de errores sesgados, ocurren cuando se comete un error consistente. Por ejemplo, no incluye las variables correctas, se usa relaciones equivocadas entre las variables y/o demanda estacional, existe alguna tendencia temporal no detectada, entre otras. Mientras que los errores aleatorios, son aquellos en donde el modelo de pronóstico utilizado no puede explicar.
- b. Medición de errores: Se conforma de varios términos empleados para describir el grado de error. Entre ellos, se resalta el error estándar, error cuadrado medio (EMC) y desviación absoluta media (MAD).

- Error estándar (S_F): Se refiere a la desviación estándar y se obtiene al elevar al cuadrado los errores de la siguiente manera:

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_t (X_t - \hat{X}_t)^2}{N - 1}}$$

Dónde:

X_t = Valor real observado de la demanda en el periodo t

\hat{X}_t = Pronóstico calculado de la demanda en el periodo t

N = Número de periodos de pronósticos t

- Error cuadrado medio (EMC): Según Krajewski (2013), mide la dispersión de los errores de pronóstico y se calcula de la siguiente manera:

$$EMC = \frac{\sum_t (X_t - \hat{X}_t)^2}{N}$$

Dónde:

X_t = Valor real observado de la demanda en el periodo t

\hat{X}_t = Pronóstico calculado de la demanda en el periodo t

N = Número de periodos de pronósticos t

- Desviación absoluta media (MAD): Se define como el promedio de los errores absolutos sobre un número determinado de periodos, de la siguiente forma:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - \hat{X}_t|}{n}$$

Dónde:

t = Número del periodo

X_t = Demanda real para el periodo

\hat{X}_t = Demanda pronosticada para el periodo

n = Número total de periodos

1.2.2 Inventarios

Según Chase y Jacob (2018), los inventarios son las existencias de piezas o recursos almacenados dentro de una organización. En cambio, las políticas y controles usados para la vigilancia de los niveles de inventarios se le denominan sistema de inventario. Además, determina lo que debe permanecer, el tiempo de reabastecimiento y la cantidad de los pedidos.

1.2.2.1 Propósito de los inventarios

El objetivo del uso de los inventarios se explicará seguidamente:

- Conservar la no dependencia entre las operaciones
- Cubrir la variación en la demanda
- Permite que la programación de la producción sea capaz de adaptarse con facilidad
- Asegurar que el tiempos de entrega la materia prima no presente variaciones
- Obtener descuentos a partir del tamaño del pedido

1.2.2.2 Tipos de inventarios

Según Chapman (2006), se divide en tres tipos de categoría de inventarios:

a. Según la fuente de la demanda

- **Inventario de demanda independiente:** Generalmente, este tipo de demandas se originan a partir de una entidad externa de la compañía, en la mayoría de veces por un cliente externo. Estos inventarios son, por lo general, productos finales para la venta.
- **Inventario de demanda dependiente:** Se originan a partir de solicitudes internas que se generan dentro de la compañía. Se establece principalmente el producto a fabricar, la cantidad a producir y el momento de realizarlo.

b. Según la posición del inventario en el proceso

- La materia prima: Todo inventario que se utiliza en el proceso de producción y que no pasó por una transformación dentro de la compañía.
- El trabajo en proceso (TEP): Inventario de productos que ya recibieron algún valor agregado y que aún permanecen en el proceso de producción.
- Productos semielaborados: Zapata (2014) hace referencia a todos los materiales que han pasado por un proceso de transformación parcial planificada y son elaborados para ser terminados posteriormente.
- Los bienes terminados: Representan el inventario de aquellos productos que ya han pasado por todo el proceso. Por lo general dicho inventario se encuentra listo para atender la demanda de los clientes con la posible excepción del empaque.
- El inventario de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO): Lo conforman todos los materiales empleados en los procesos de producción y de negocios de la compañía. Este tipo de inventarios no forman parte de la venta al público normalmente. Esta categoría está compuesta por aceites para máquinas, partes de repuestos, economato, etc.

c. Según la función o uso del inventario dentro del proceso:

Según, Ballou (2004) los inventarios se clasifican de la siguiente manera:

- Inventario de tránsito: Es el inventario entre los niveles del canal de suministros, es decir, es todo el material en movimiento de una actividad a otra.
- Inventario de anticipación: Es aquel que se almacena con el propósito de anticiparse a un exceso de demanda respecto de la producción normal.
- Inventario de ciclo: Son necesarios para satisfacer la demanda promedio durante el tiempo entre reaprovisionamiento sucesivos que se da desde que se solicita el nuevo pedido de materiales hasta su recepción.
- Inventario de seguridad: Es el inventario que se mantiene para proteger la organización ante la posibilidad de eventos imprevistos. Por ejemplo, los casos podrían ser la ausencia de trabajadores, el retraso en la entrega de pedidos de los proveedores, los errores en la producción o calidad, etc.

- Inventario perdido: Es el inventario que se deteriora, llega a caducar, se pierde o es robado.

1.2.2.3 Inventarios agregados

De acuerdo con Ballou (2004), controlar cada artículo individualmente suele ser complejo, ya que el manejo a este nivel de detalle no aporta a los propósitos de la planeación general. La alta gerencia está más interesada en la cantidad de dinero destinado a los inventarios para amplios grupos de artículos que en el control de artículos individuales. Por ello, se utilizan métodos que ayuden a controlar colectivamente los artículos en grupos. Entre los principales métodos usados para controlar inventarios agregados, se encuentra la clasificación de productos ABC.

Clasificación de productos ABC

Según Chase y Jacob (2018), el sistema de clasificación ABC separa el inventario en tres grupos:

- Valor del inventario alto (A)
- Valor del inventario moderado (B)
- Valor del inventario (C)

El valor del inventario es una medida importante; es decir, un artículo de alto volumen pero de bajo costo puede ser más importante que un artículo de alto costo, pero de bajo volumen. Por esta razón, este sistema es muy útil para la administración de los inventarios y se sugiere la siguiente gestión de los inventarios según Vidal (2010):

- Inventarios clase A: Examinación continua y frecuentemente utilizando técnicas de pronósticos avanzadas
- Inventarios clase B: Examinación automática con el uso de técnicas moderadas de pronósticos
- Inventarios clase C: Examinación con el uso de técnicas más simples de pronósticos o sin su uso

En la tabla 3, se presentará las políticas de control y métodos mayormente aplicados según la clase de artículo al que pertenece.

Tabla 3: Control de inventarios y sistemas de pronósticos de acuerdo con la clasificación ABC

Características	Políticas de control	Métodos de control
<p>Ítems clase A (los más importantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relativamente pocos ítems • El mayor porcentaje del volumen de ventas 	<ul style="list-style-type: none"> • Control estricto con supervisión personal • Comunicación directa con la administración y los proveedores • Aproximación a <i>JIT</i> e inventario balanceado • Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo frecuente o continuo • Registros precisos • Pronósticos con suavización exponencial doble • Políticas basadas en el nivel de servicio al cliente
<p>Ítems clase B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ítems importantes • Volumen de ventas considerable 	<ul style="list-style-type: none"> • Control clásico de inventarios • Administración por excepción • Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control computarizado clásico • Pronósticos con suavización exponencial simple • Reporte por excepciones
<p>Ítems clase C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muchos ítems • Bajo volumen de ventas, pocos movimientos o ítems de muy bajo valor unitario 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisión mínima • Pedidos bajo orden • Tamaños de orden grandes • Políticas de cero o de alto inventario de seguridad • Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control simple • Promedio móvil (aceptar el pronóstico) • Evitar agotados y exceso de inventario • Larga frecuencia de órdenes • Sistema automático

Fuente: Vidal, 2010

1.2.2.4 Sistemas de control de los inventarios

Según Vidal (2010), uno de los aspectos fundamentales a considerar, en el diseño de un sistema de control de inventarios de la cadena de suministro, es el tipo de sistema control. A continuación, se presentan los sistemas:

- a. Sistemas tipo *Push*: De acuerdo con los autores Krajewski (2013) y Vidal (2010), este sistema implica usar los pronósticos de demanda y producir el artículo antes de que el cliente lo ordene. Se caracterizan por su información global y decisiones centralizadas. Útil en aquellos casos en los que se manufactura un producto que no puede ser almacenado en la planta y debe ser enviado de inmediato a puntos de venta a lo largo de la cadena de abastecimiento.
- b. Sistemas tipo *Pull*: Según Krajewski (2013), la demanda del cliente activa la producción de un bien o servicio. Las empresas que utilizan este método deben poder satisfacer las demandas del cliente dentro de un tiempo aceptable. Son muy comunes en los sistemas de producción por lote y bajo pedido.
- c. Sistemas híbridos de control: Se aplica un sistema donde incluyen aspectos de control continuo basados en ciertas “alarmas” que ayudan a tomar decisiones anticipadas al período de revisión. Este sistema está diseñado principalmente para ítems de clase A. Según Chapman (2006), los agrupa en 4 secciones de sistemas que se han utilizado con éxito, los cuales se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Uso de los sistemas híbridos

		Frecuencia de cambios de diseño	
		Bajo	Alto
Volatilidad de la demanda	Bajo	Sistema pull con un control MRP de “picos”	Kanban con planificación MRP
	Alto	Uso de MRP para la capacidad y para artículos con tiempos de espera amplios	MRP con principios de producción esbelta

Fuente: Chapman, 2006

- d. Simulación de inventarios: Busca predecir el comportamiento de los inventarios ante diversas situaciones con la fabricación de modelos a través de programas de computador que simulen la puesta en marcha de un sistema. Es adecuado para analizar sistemas de inventarios reales en situaciones muy variables.

1.2.2.5 Indicadores para la gestión de inventarios

Según Zapata (2014), los indicadores son herramientas fundamentales que permiten evaluar el desempeño de varias variables y, de esta manera, poder tomar decisiones que permitan controlar eficientemente el comportamiento de los inventarios en la organización.

Usaid (2007) presenta una guía de indicadores de gestión de inventarios que pueden ser utilizados para la administración del inventario clasificada en aspectos financieros, operativos y de servicio al cliente. En la tabla 5, se presenta en un cuadro resumen los principales indicadores de cada área involucrada y, seguidamente, la descripción de cada uno de ellos:

Tabla 5: Cuadro resumen de indicadores para la gestión de inventarios

Indicadores para la gestión de inventarios		
Indicadores Operativos	Indicadores de Servicio al Cliente	Indicadores Financieros
i. Inventario promedio ii. Rotación de inventarios iii. Semanas de suministro iv. Duración del inventario	i. Nivel de servicio ii. Tasa de abastecimiento de pedidos	i. Porcentaje de activos ii. Valor económico del inventario iii. Tasa de ventas perdidas

a. Indicadores operativos para la gestión del inventario:

- i. Inventario promedio: Se calcula promediando el nivel máximo y mínimo de los niveles de stocks. Es uno de los conceptos más importantes en manejo de inventarios, el cual se define como:

$$\text{Inventario promedio} = \frac{\text{Inventario máximo} + \text{Inventario mínimo}}{2}$$

El inventario promedio de cada ciclo puede promediarse con el resto de los ciclos y esto se conoce como el inventario promedio de varios ciclos de inventario.

- ii. Rotación de inventarios: Mide las veces en que la mercancía entra y sale de la organización y es expresado como las veces en que el capital invertido en el inventario se recupera a través de las ventas. Según Usaid (2007), la rotación de inventario se define como:

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Ventas acumuladas}}{\text{Inventario promedio}} = \text{número de veces}$$

- iii. Semanas de suministro: Cuando el inventario de distribución es el dominante, la medida comúnmente usada es en semanas de suministro. Es una medida del valor del inventario en semanas que se encuentra en el sistema en un momento en particular. El cálculo es el siguiente:

$$\text{Semanas de suministro} = \left(\frac{\text{Valor promedio de inventario agregado}}{\text{Costo de los bienes vendidos}} \right) \times 52$$

- iv. Duración del inventario: Este indicador busca determinar el tiempo en que la mercancía estará en el inventario. De esta manera, se puede saber el nivel de inventario en riesgo de perderse o quedar obsoleto. La fórmula para el cálculo de este indicador es mencionada a continuación:

$$\text{Duración del inventario} = \frac{\text{Inventario final}}{\text{Ventas promedio}} \times 30 \text{ días}$$

b. Indicadores de servicio al cliente:

La gestión de inventario tiene un impacto importante en el servicio al cliente ya que, a partir del cumplimiento de las ordenes al cliente, se genera la satisfacción de este. Algunos indicadores son los siguientes:

- i. Nivel de servicio: Busca medir el cumplimiento a los requerimientos de los clientes y puede ser expresado en los siguientes términos:
- Nivel de servicio por Unidad
 - Nivel de servicio por referencia
 - Nivel de servicio por Órdenes
- ii. Tasa de abastecimiento de pedidos: Este indicador es un complemento al indicador de nivel de servicio, ya que se basa en analizar cuáles son las ordenes abastecidas a los clientes sin ningún tipo de inconvenientes como los faltantes, las demoras, etc. La fórmula para el cálculo de este indicador es la siguiente:

$$\text{Exactitud de abastecimiento por pedidos} = \frac{\text{Pedidos abastecidos correctamente}}{\text{Total de Pedidos Abastecidos}}$$

c. Indicadores financieros para la gestión del inventario:

Los indicadores desde el punto de vista financiero también son importantes. Algunos indicadores son los siguientes:

- i. Porcentaje de activos: Mide el porcentaje de activos que son inventarios en la organización. Este indicador señala que tan alto es el inventario en la organización.

$$\text{Porcentaje de Activos} = \frac{\text{Valor inventario Físico}}{\text{Activos fijos}} \times 100\%$$

- ii. Valor económico del inventario: Permite conocer el valor que tiene el inventario con relación a las ventas de la compañía.

$$\text{Valor económico del inventario} = \frac{\text{Valor inventario Físico}}{\text{Valor costos de ventas en el mes}} \times 100\%$$

- iii. Tasa de ventas perdidas: Permite conocer cuál es el efecto de no realizar un abastecimiento correcto a los clientes debido a la falta de existencias en la organización.

$$\text{Porcentaje de ventas perdidas} = \frac{\text{Valor ventas perdidas por falta de inventario}}{\text{Ventas Totales}}$$

1.2.2.6 Costos de la gestión de inventarios

Según Chapman (2006) y Ballou (2004), en la siguiente lista, se presentan algunos de los costos más importantes de tener inventario o carecer de él:

- a. Costos de mantener inventarios: Este costo casi siempre se expresa como un porcentaje anual sobre el costo real del artículo e involucra los siguientes costos:
- Almacenamiento: Gastos de tener un almacén o depósito
 - Seguros
 - Impuestos
 - Costo de capital: Existe el costo de oportunidad, ya que el dinero empleado para adquirir el inventario se encuentra comprometido y no puede utilizarse de otras maneras.
 - Obsolescencia

- Descomposición: Se consideran a los problemas de oxidación y al daño causado al desplazar el inventario.
 - Costo de control de inventario: Por lo general, existe un personal y un sistema responsables de su control.
 - Reducción: Se presenta cuando el inventario “desaparece” por algún motivo como productos extraviados, manejo incorrecto de base de datos o robo. Si se instalan medidas de seguridad para reducir o eliminar el robo, estos también representarán un costo.
- b. Costos de no contar con inventario: Se incurre en estos costos cuando se coloca un pedido, pero este no puede abastecerse desde el inventario. Este costo está conformado por lo siguiente:
- Desabasto: Incluye el mal servicio al cliente
 - Procesamiento excesivo: Atención de demandas inesperadas a partir de la fabricación de cantidades pequeñas de productos
 - Pedidos en espera: Costos a partir de la documentación solicitada y el cierre del pedido luego de asegurarse de contar con disponibilidad de material
 - Problemas respecto de la tasa de producción: Sin un inventario adecuado, es complicado tener tasas de producción apropiadas
 - Utilización de las instalaciones para otros fines
 - Inversión en la reducción del tiempo de producción para agilizar los procesos
- c. El costo de ordenar: Si el material es fabricado, el costo es de procesamiento; en cambio, si es adquirido a partir de un proveedor externo, el costo es la orden de compra. A continuación, se detallan los costos:
- El costo por establecimiento de proceso de producción
 - El costo de procesar un pedido a través de los departamentos de contabilidad y compras
 - Costo de transmitir el pedido al punto de suministro
 - Costo de transportar, pero sólo se considera cuando no está incluido en el precio de los artículos
 - Costo de procesamiento de materiales en el punto de recepción

A continuación, en la figura 13, se presentan los costos involucrados gráficamente para calcular según Krajewski (2013):

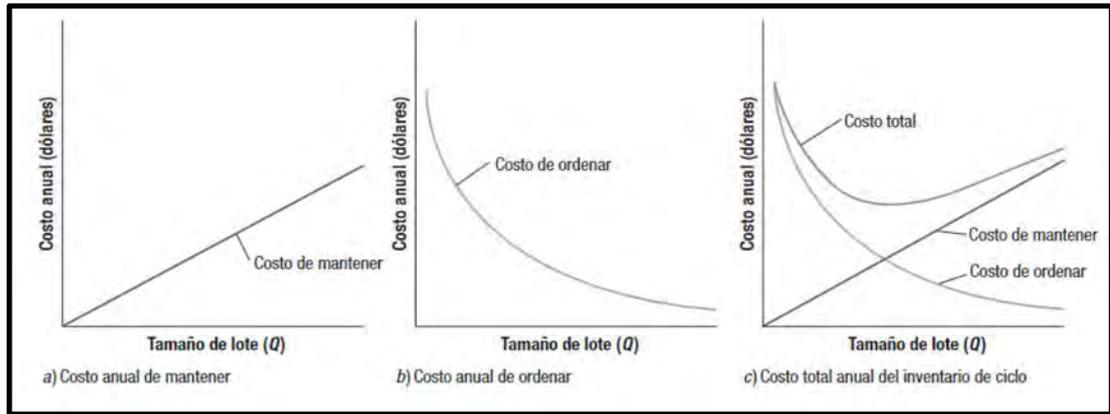


Figura 13: Gráficas de costos anuales de mantener, ordenar y total
 Fuente: Krajewski, 2013

Krajewski (2013) indica que el costo anual de mantener inventario aumenta linealmente con respecto al lote de compra; es decir, a un mayor tamaño de lote, el costo de mantener estos inventarios aumenta. En cambio, el costo anual de ordenar disminuye cuando el tamaño de lote aumenta, ya que, al aumentar el número de unidades por lote pedido, el costo por unidad disminuye.

1.2.2.7 Cantidad económica de pedido (EOQ)

Según Krajewski (2013), es el tamaño de lote que minimiza los costos totales anuales de mantener el inventario de ciclo y de ordenar. El enfoque para determinar el EOQ se basa en las siguientes suposiciones:

- La tasa de demanda de artículos es constante y se conoce con seguridad.
- No hay restricciones sobre el tamaño de lote como la capacidad del camión y limitaciones en el manejo de materiales.
- Solo son relevantes el costo de mantener inventario y el costo fijo de ordenar.
- Las decisiones por tomar para un artículo son independientes con respecto a otros.
- El tiempo de entrega es constante y se conoce con seguridad. La cantidad recibida es igual a lo que se ordena y llega todo al mismo tiempo.

El costo total anual del inventario de ciclo es la suma de dos componentes de costo:

$$\text{Costo total} = \text{costo anual de mantener} + \text{costo anual de ordenar}$$

$$CT = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times S$$

Dónde:

CT = costo total anual del inventario de ciclo

D = demanda anual

Q = tamaño de lote, en unidades

H = costo anual por artículo que se incurre por mantener inventario, cuyo resultado es la multiplicación entre el costo unitario anual (C) y el porcentaje del costo anual de mantener inventario (*i*)

S = costo de ordenar para un lote, cuyo cálculo depende del origen del material. Si el material se adquiere, se considerará el costo de realizar una orden de compra. En cambio, si el material se fabrica, se considerará el costo de procesamiento por lote.

Adicionalmente, Chopra (2013) menciona que el costo del material anual está compuesto por lo siguiente:

$$\text{Costo del material anual} = C \times D$$

Dónde:

C = costo unitario anual

D = demanda anual

El costo total anual (CT*) es la suma de los tres costos: costo del material anual, costo de mantener inventario anual y costo de ordenar anual:

$$CT^* = C \times D + \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times S$$

Según Chopra (2013), el tamaño de lote óptimo minimiza el costo total, el cual se obtiene tomando la primera derivada del costo total respecto a Q e igualándola a 0. El tamaño de lote óptimo se conoce como la cantidad económica de pedido (EOQ). Se indica por Q* y está dada por la siguiente ecuación:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Dónde:

Q* = lote económico de compra

D = demanda anual

H = costo anual de mantener inventarios

S = costo de pedido por lote

Krajewski (2013) señala que el EOQ nos da una adecuada aproximación del tamaño de lote más apropiado, el cual se debe aplicar cuando se tenga los siguientes escenarios:

- Si se tiene una metodología de “hacer para almacenar” y el artículo tiene una demanda casi siempre constante
- Si sus costos de mantener por unidad y los costos de ordenar se saben y son casi siempre constantes

1.2.2.8 Sistemas de gestión de inventarios de varios periodos bajo incertidumbre

Los sistemas de inventario de varios periodos están diseñados para garantizar que una pieza estará disponible en todo momento. Según Chase y Jacob (2018), existen dos tipos generales de sistemas de inventarios de varios periodos: el modelo de cantidad de pedido fijo o también llamado modelo Q y el modelo de periodo fijo, más conocido como modelo P. A continuación, se definirán ambos tipos de sistemas de inventarios.

a. Modelo Q con incertidumbre

Chapman (2006) indica que el modelo Q está bajo revisión constante para saber con exactitud cuáles son las condiciones de este. El supuesto básico considera la demanda relativamente constante en el tiempo, lo cual se le conoce como “diente de sierra” de la demanda en función del tiempo. Además, el inventario es usado progresivamente hasta acabarlo. Una vez situado en este punto, se repone el inventario con una cantidad igual al EOQ o también llamado CEP. El tiempo necesario para realizar la reposición se denomina tiempo de espera para reabastecimiento, ver figura 14.

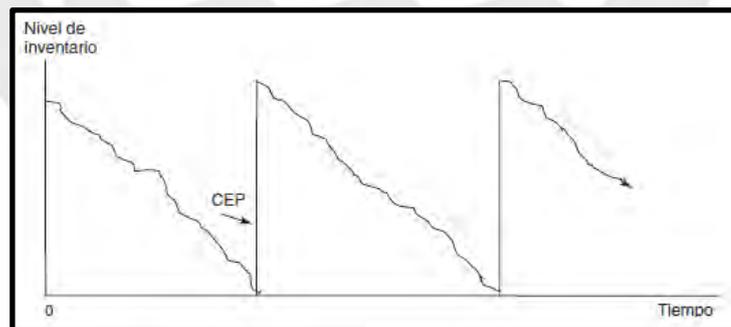


Figura 14: Patrones típicos de cantidades en inventarios independientes de la demanda a lo largo del tiempo

Fuente: Chapman, 2006

Tomando en cuenta el tiempo de espera para el reabastecimiento, se calcula un nivel de inventarios llamado punto de reorden y este determina el nivel de inventario necesario para cubrir la demanda mientras se da el reabastecimiento, ver figura 15.

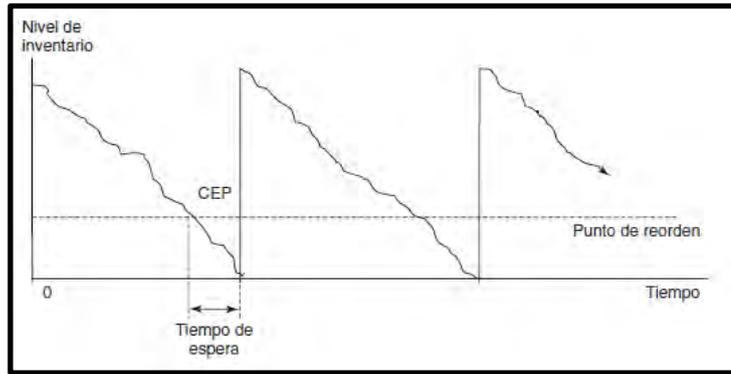


Figura 15: Determinación del punto de reorden
Fuente: Chapman, 2006

La fórmula para calcular el punto de reorden es la siguiente:

$$R = \bar{d} \times L$$

Dónde:

R = punto de reorden

\bar{d} = demanda diaria promedio

L = tiempo de espera, en días

Entre los problemas más comunes, se tiene el retraso al reabastecer el inventario y/o que la demanda del artículo exceda a la demanda pronosticada durante el tiempo de espera para el reabastecimiento. Por ello, se mantiene un inventario de seguridad.

El inventario de seguridad estándar supone una distribución normal de la demanda durante el tiempo de espera, con el fin de obtener la media y la desviación estándar.

La fórmula general es la siguiente:

$$IS = Z \times \sqrt{\sigma_d^2 \times L + d^2 \times \sigma_l^2} = Z \times \sigma_L$$

Dónde:

IS = inventario de seguridad

z = nivel de servicio al cliente establecido

σ_l = desviación estándar en el tiempo de entrega

σ_d = desviación estándar de la demanda para un día

L = tiempo de entrega en días, es decir, el tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo

d = demanda diaria

σ_L = desviación de la demanda durante el periodo lead time considerando la incertidumbre de la demanda y el tiempo de entrega

Mientras mayor sea el nivel de servicio, mayor será el inventario de seguridad.

En ocasiones, la desviación estándar de la demanda tiene un periodo diferente al tiempo de espera. En tal caso, la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera (σ_L) se obtendría mediante la fórmula:

$$\sigma_L = \sigma_d \sqrt{TE}$$

Dónde:

σ_d = desviación estándar de la demanda para un día

TE = tiempo de espera, en días. Incluso puede expresarse en un diferente periodo sólo cuando el tiempo de espera y la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera se encuentren en las mismas unidades

Se obtiene una nueva fórmula para encontrar el punto de reorden cuando se mezclan el inventario de seguridad y el punto de reorden típico, el cual se muestra a continuación:

$$R = \bar{d}L + Z\sigma_L$$

b. Modelo P con incertidumbre

Chase y Jacob (2018) sostienen que este modelo sigue un sistema de periodo fijo. Es decir, el inventario se cuenta sólo en algunos momentos debido a que las cantidades de los pedidos son variables entre periodos. Generalmente, se requiere un nivel mayor de inventario de seguridad en comparación al modelo Q. El inventario de seguridad es clave en este modelo, ya que debe otorgar la protección suficiente durante el tiempo de revisión (T) y el tiempo de entrega (L), ver figura 16.

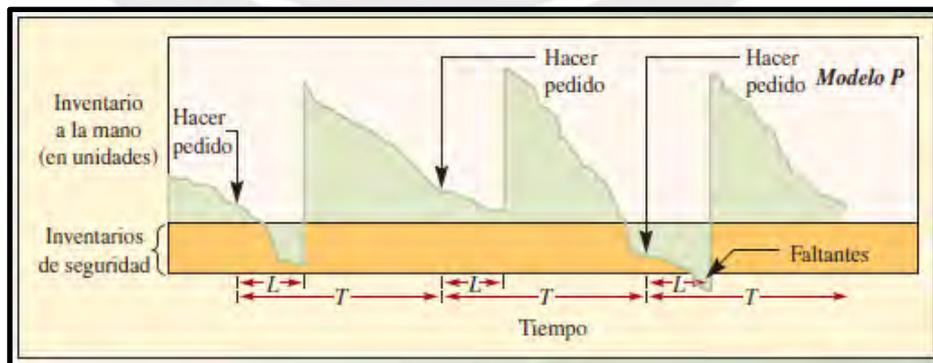


Figura 16: Modelo de inventario de periodo fijo
Fuente: Chase y Jacob, 2018

En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a hacer en el momento de la revisión (T).

El inventario de seguridad que es necesario volver a pedir es el siguiente:

$$IS = Z \times \sqrt{\sigma_d^2 \times (L + T) + d^2 \times \sigma_{L+T}^2} = Z \times \sigma_{T+L}$$

Dónde:

IS = inventario de seguridad

z = nivel de servicio al cliente establecido

σ_{T+L} = desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega

σ_d = desviación estándar de la demanda para un día

L = tiempo de entrega, en días, cuyo periodo es el tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo

T = periodo de revisión, en días

d = demanda diaria

De la misma manera como se mencionó en el anterior modelo, cuanto más alto se establezca el nivel de servicio, más alto será el inventario de seguridad.

La cantidad por pedir (q) no es constante, ya que depende de la solicitud de la demanda que se dio en un determinado periodo. Para conocer la cantidad de pedido se utiliza lo siguiente:

Cantidad de pedido	=	Demanda promedio durante el periodo vulnerable	+	Inventario de seguridad	-	Existencias disponibles, incluir el pedido si hay alguno
q	=	$\bar{d} \times (T + L)$	+	$Z \times \sigma_{T+L}$	-	I

Dónde:

q = cantidad a pedir

T = el número de días entre revisiones o también llamado ciclo de revisión

L = tiempo de entrega en días, cuyo periodo es el tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo

\bar{d} = demanda diaria promedio pronosticada

z = número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

σ_{T+L} = desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega

I = nivel de inventario actual, incluye las piezas pedidas

A continuación, en la tabla 6, se muestra el resumen de las diferencias entre ambos modelos:

Tabla 6: Diferencias entre cantidad de pedido fija y periodo fijo

Característica	Modelo Q	Modelo P
Cantidad del pedido	El Q es constante y siempre se pide la misma cantidad	El q variable y varía cada vez que se hace un pedido
Dónde hacerlo	Cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir (R)	Cuando llega el periodo de revisión (T)
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición	Sólo se cuenta en el periodo de revisión
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de periodo fijo	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos	
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, críticos o importantes	

Fuente: Chase y Jacob, 2018

1.2.2.9 Teorema del límite central

Según Córdova (2008) y Sáez (2012), este teorema ayuda a alinear otro tipo de distribuciones a una distribución normal. A continuación, se detalla el teorema:

Sean X_1, X_2, \dots, X_n , donde hay de n variables aleatorias independientes con idéntica distribución que tienen una media (μ) y varianza (σ^2). Si n es suficientemente grande, la variable de $Y_n = \sum_{i=1}^n X_i$ se distribuye aproximadamente como una normal estándar, ver figura 17.

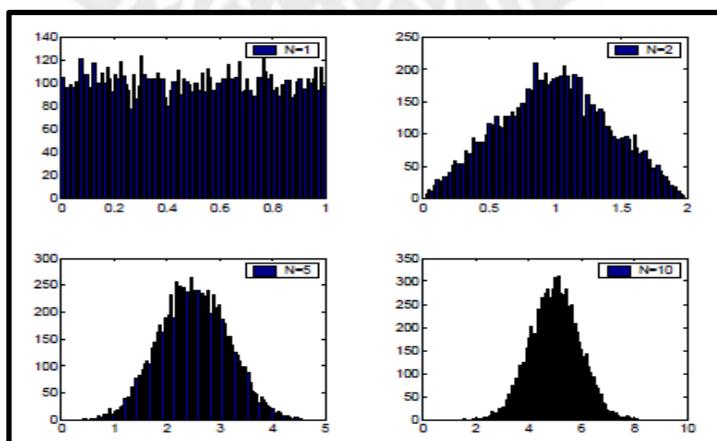


Figura 17: Teorema central del límite

Fuente: Sáez (2012)

Los histogramas anteriores ponen en evidencia como cambia el comportamiento de la distribución según el crecimiento del n. A medida que el n crece, se va pareciendo cada vez más a una distribución normal.

Para poder aplicar este teorema, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. El teorema plantea que, cualquiera que sea la distribución común de las n variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_n , la distribución de la suma finita de estas es aproximadamente normal. La aproximación es buena si el tamaño del grupo (n) es mayor a 30.
- b. Si $X \sim B(n, p)$, entonces, para un tamaño de grupo (n) lo suficientemente grande, X se aproxima a una normal con media np y varianza np(1-p).

$$Z = \frac{X - np}{\sqrt{np(1-p)}} \sim N(0,1)$$

Para obtener cálculos más precisos, se recomienda realizar la corrección por continuidad:

$$P(a \leq X \leq b) \cong P(a - 0.5 \leq X \leq b + 0.5)$$

Para calcular $P(X = k)$, necesariamente se debe aplicar lo siguiente:

$$P(X = k) \cong P(k - 0.5 \leq X \leq k + 0.5)$$

1.3 Sistema de información

Según Reyes (2016), está conformado por un grupo de elementos para el tratamiento, procesamiento, almacenamiento y transmisión de datos a partir del uso de herramientas y técnicas. Su finalidad consiste en estructurar la información orientada a la solución de problemas y permitir la generación de conocimiento. En este punto, se detallará la evolución de los sistemas de información, ya que ayudará a entender las herramientas que se emplean dentro de una organización. Asimismo, se mencionarán las actividades, componentes, tipos y etapas que tiene el sistema de información a fin de tratar y administrar los datos e información para su posterior uso.

1.3.1 Evolución de los sistemas de información orientado a la gestión de inventario

El desarrollo tecnológico y la generación de conocimientos dieron paso a la elaboración de herramientas y dispositivos que permitieron transformar los datos en información. A continuación, en la figura 18, se resaltan las diferentes etapas de la evolución de las tecnologías y, en la figura 19, la preparación de los pedidos.



Figura 18: Evolución del almacenamiento de datos



Figura 19: Evolución en la preparación de pedidos

Los detalles y otros gráficos asociados al sistema de información se encuentran en los anexos del 1 al 7.

Sistemas de almacenaje

Existen varios tipos de sistemas de almacenajes, los cuales se presentan a continuación:

- Convencional: Está dirigido para almacenajes de cargas paletizadas y artículos sueltos, los cuales se manipulan de forma manual.

- Compacto: Se almacena en bloques de mercancías paletizadas que alcancen una altura máxima según lo permitido por los medios mecánicos.
- Dinámico: Son estructuras metálicas compactas conformadas por caminos de rodillos. Estas estructuras metálicas tienen una ligera inclinación que permite el deslizamiento de las cargas.
- Móvil: Su estructura se basa en estanterías convencionales sobre plataformas que permitan mover estas mismas y dejar un pasillo entre ellas.

1.3.2 Actividades en el sistema de información

Según Laudon (2012), existen tres tipos de actividades que producen los datos necesarios para que las organizaciones tomen decisiones, controlen las operaciones, analicen problemas y creen nuevos productos o servicios. A continuación, se presentan las actividades:

- a. Entrada: Recolección de los datos, los cuales provienen desde el interior de la organización o a través de su entorno externo
- b. Procesamiento: Se transforma los datos en información con un formato significativo.
- c. Salida: Transfiere la información procesada a las personas y/o actividades que lo utilizarán.

Es necesario contar con una retroalimentación dentro de los sistemas de información. Ello implica en devolver la salida de información a los miembros apropiados de la organización para evaluar o corregir la etapa de entrada.

1.3.3 Componentes en el sistema de información

Según Effy Oz (2006), los componentes de un sistema de información se clasifican de la siguiente manera:

- a. Datos: Es la entrada que acepta el sistema para recibir información
- b. Hardware: Está conformado por la computadora, dispositivos de entrada, dispositivos de salida, dispositivos de almacenamiento y el equipo de comunicación datos.
- c. Software: Son el conjunto de instrucciones que le indican a la computadora cómo tomar y procesar los datos con el fin de presentar la información procesada.
- d. Telecomunicaciones: Son el hardware y el software que facilitan la transmisión y la recepción de texto, imágenes, sonidos y animaciones en forma de datos electrónicos.

- e. **Personas:** Compuesto por profesionales y usuarios que están involucrados en el uso de los sistemas de información. Su función consiste en analizar, diseñar y desarrollar sistemas de información. Además, se encargan de realizar las programaciones en la computadora, manipular el hardware y mantenimiento del software.
- f. **Procedimientos:** Son los pasos para obtener operaciones óptimas y confiables en el tratamiento de datos. Sus prioridades son disponer de las aplicaciones de software y las medidas de seguridad.

1.3.4 Tipos de sistemas de información

Para gestionar adecuadamente la información de la compañía se debe desarrollar sistemas para el procesamiento de transacciones, de información administrativa y de soporte en la decisión (Arjonilla y Medina, 2007). Cada sistema estará ubicado según el nivel organizacional, el cual se presenta en la figura 20.



Figura 20: Tipos de sistemas de información según el nivel organizacional

a. Sistemas para el procesamiento de transacciones

De acuerdo con Effy Oz (2006) y Lapiedra, Devece y Guiral (2011), son los sistemas de información más utilizados que abarcan los procesos de información más definidos o estructurados de la organización. Las transacciones más comunes incluyen facturación, nóminas, realización y recepción de pedidos. Estas actividades reúnen características similares, las cuales se presentan a continuación.

- Hay operaciones que se repiten varias veces.
- Existe una gran similitud en la forma de realizar las transacciones.
- Las actividades se pueden separar en etapas o procedimientos, las cuales están bien establecidas y se pueden describir al detalle.
- Hay muy pocas excepciones a los procedimientos normales.

Los sistemas para el procesamiento de transacciones ofrecen una mayor velocidad y exactitud. Además, sustituye los procedimientos manuales por otros basados en la ejecución de tareas rutinarias bien estructuradas.

b. Sistemas de información administrativa

Su objetivo es brindar información útil para resolver problemas y tomar decisiones a partir de la base de datos de la empresa. A partir de esta fuente, se identifica la información adecuada para la formulación de las decisiones.

Una manera de mejorar el contenido de los informes es añadiendo el concepto de administración por excepción, el cual puede incorporarse a un sistema de información administrativa de cuatro maneras:

- Incorporar al informe sólo ante situaciones no eventuales
- Ordenar el contenido del informe con un orden ascendente o descendente con el fin de destacar contenidos clave y no eventuales
- Juntar las situaciones no eventuales con el fin de que estas se puedan encontrar fácilmente siguiendo alguna pauta
- Presentar el contraste entre las situaciones no eventuales y las planificadas, en donde la diferencia se considera como variación.

c. Sistemas para soporte de decisiones (DSS)

Según Effy Oz (2006), los sistemas de soporte de decisiones (DSS) presentan resultados únicos y tablas resumidas para la toma de decisiones utilizando modelos y fórmulas. Los DSS apoyan a identificar el plan de acción óptimo y responder interrogantes ante situaciones hipotéticas. Sin embargo, es importante comprender que no es una alternativa absoluta para la toma de decisiones.

1.3.5 Etapas de crecimiento del sistema de información

Gibson y Nolan (1974) desarrollaron una clasificación a partir de etapas, en el cual establecen que la función de la informática dentro de una organización evoluciona y crece a través del tiempo. Se procederá a describir cada una de las etapas.

- a. Etapa Inicial: Se inicia con la introducción de la informática a la empresa y la adquisición del primer equipo, el cual sería el ordenador. Contabilidad es la primera área en tener los sistemas transaccionales en la mayoría de los casos. Usualmente, en los primeros sistemas desarrollados se presentan casos de

resistencia al cambio del personal y a los usuarios creados. El gasto es bajo tanto en la implementación del primer sistema de información y en la formación del personal.

- b. Etapa de expansión / contagio: Se inicia a partir del éxito en la implementación del sistema de información. En esta etapa, se transmite la tecnología de información en las áreas que faltan ser implementadas. El departamento se vuelve más útil e importante para toda la compañía; por ello, se empieza con el reclutamiento de personal más calificado. El control de los recursos comienza a ser mayor, ya que los gastos por concepto de sistemas incrementaron.
- c. Etapa de control / formalización: Debido al alto costo de los ordenadores, surge la necesidad de controlar sus funcionalidades. Se asocian los proyectos con las tecnologías de información; además, se establecen estándares de trabajo dentro de los departamentos.
- d. Etapa de integración: Todos los sistemas de información de las distintas áreas son integrados. Con ello, se logra unificar los departamentos bajo una sola estructura administrativa. El departamento de sistemas llega a poseer una estructura descentralizada. Asimismo, los costos son controlados y se da inicio al desarrollo de nuevos sistemas.
- e. Etapa de madurez: En esta última etapa, surgen los sistemas estratégicos de información, lo cual genera que los sistemas de información alcancen niveles superiores en el organigrama. Las tecnologías de base de datos y la integración de las redes de comunicación generan que la creatividad e innovación pasen a ser más importantes.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL CASO DE ESTUDIO

En el presente capítulo, se expondrán los datos importantes de la empresa. Además, se detallará la lista de los principales productos según el tipo de material empleado. A partir de esta lista, se seleccionará el producto que será el foco de estudio. Luego, se analizará y diagnosticará el sistema de producción y, de igual manera, el sistema de gestión de inventarios.

Por el lado del sistema de producción, se explicará el flujo de producción actual y el recorrido del producto en las diferentes áreas. Además, se identificarán los puntos críticos en las áreas y los tiempos productivos e improductivos utilizados. Finalmente, se identificarán las posibles causas a los problemas actuales que tiene la empresa en cuanto al proceso de producción con el fin de dar un diagnóstico general.

Por el lado de la gestión de inventarios, se detallarán los componentes principales para la elaboración del producto principal y sus parámetros de gestión. Así como la utilización de stocks y, valorización de los inventarios de la materia prima, productos en proceso y productos terminados. Adicionalmente, se detallará la política de decisión de las provisiones actuales, el criterio de estimación de las demandas futuras y, los flujos de gestión de pedidos y sus parámetros actuales. Finalmente, se identificarán las posibles causas a los problemas actuales que tiene la empresa en cuanto a la gestión de inventarios con el fin de dar un diagnóstico general.

2.1 Antecedentes del caso de estudio

Desde hace más de 10 años, la empresa se dedica a la fabricación y comercialización de más de 200 piezas a base de poliuretano, bronce, caucho y resortes del rubro industrial en el mercado de Lima y provincias. Todas las piezas que fabrica esta empresa son utilizadas como repuestos para máquinas del sector minero e hidráulico. Actualmente, el tipo de producción que más se asemeja es un procesamiento por lotes. En la tabla 7, se muestran las principales piezas que fabrica la empresa.

Tabla 7: Principales productos según el material

Producto			
Poliuretano	Caucho	Alambre	Bronce
<ul style="list-style-type: none"> • Reten Pumping Seal HQ • Reten Pumping Seal NQ • Reten Pumping Seal BQ • Reten Pressure Valve HQ • Reten Pressure Valve NQ • Reten Pressure Valve BQ 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo original • Modelo 4-20 • Modelo 4-35 • Packing Set • Cable Packing • Válvula de Presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Resorte para caja de rodaje • Resorte de extensión • Resorte de torque • Resorte de extensión • Resorte de válvulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de Presión • Packing Set • Modelo 4-35 • Arandelas de bronce • Estabilizadores

En los anexos del 8 al 10, se muestran algunos modelos de las piezas principales.

Para el presente informe, se consideró evaluar el retén hecho a base de poliuretano conocido en el mercado como *Pumping Seal* del modelo HQ. Esta elección se realizó en base a su gran demanda y rentabilidad, además de ser el producto estrella de la empresa. Por otro lado, se observó que este producto pasa por la mayoría de los centros de trabajo que hay en la fábrica y ocupa gran parte del área de inventarios que está destinado a almacenar insumos, productos en proceso y productos finales.

El objetivo es aumentar la capacidad y continuidad de la producción, mejorar la gestión de inventarios y asegurar una adecuada base de datos para la toma de decisiones. Por ello, el enfoque se da en el producto estrella, ya que, si se implementa alguna mejora, impactaría drásticamente a la gran parte de las estaciones de trabajo y al espacio en los almacenes.

2.2 Análisis de los principales reclamos percibidos por el cliente

En esta sección, se analizarán los tres principales reclamos realizados por el cliente, los cuales se encuentran agrupados en dos tipos. Por una parte, están los reclamos debidos a la calidad de la pieza. Por el otro lado, se encuentran reclamos debidos a la demora en el plazo de entrega.

Reclamos por la calidad de la pieza:

Dentro de este tipo de reclamo, tenemos dos situaciones recurrentes:

- Duración de la pieza: Se presentaron casos en donde las piezas duraron sólo 5 días útiles en lugar de los 7 días estimados.
- Porosidades en las piezas: Algunas piezas presentan porosidades y son rechazadas por el cliente, ya que no cumplen con los estándares de calidad solicitados.

Reclamos por demora en plazo de entrega:

En varias oportunidades, el cliente tiene que esperar más tiempo del acordado al momento de realizar la solicitud del pedido.

A continuación, en la tabla 8, se muestra la frecuencia de ocurrencia de los reclamos más comunes:

Tabla 8: Ocurrencia de los reclamos según encuesta

Reclamos	Frecuencia de reclamo	% Clientes con reclamo
Duración de la pieza	1 de cada 25 clientes	4%
Porosidad de la pieza	1 de cada 10 clientes	10%
Demora en el plazo de entrega	2 de cada 4 clientes	50%

En la tabla 9, se indica el reclamo de mayor frecuencia entre los tres mencionados anteriormente en un trimestre:

Tabla 9: Distribución de los reclamos según encuesta

Reclamos	Cantidad	Porcentaje
Duración de la pieza	2	6%
Porosidad de la pieza	5	16%
Demora en el plazo de entrega	25	78%
Total	32	100%

De acuerdo con los resultados de la tabla 8 y 9 se considera como principal reclamo la demora en los plazos de entrega de los productos, ya que es el más frecuente en el transcurso del tiempo. Por lo tanto, será uno de los factores más importantes a considerar dentro del análisis del caso de estudio. En los siguientes puntos se detallará los factores influyentes en cada uno de los mencionados en el cuadro dependiendo del sistema involucrado.

2.3 Análisis y diagnóstico del sistema de producción actual de retenes

Para un correcto análisis y diagnóstico actual, se utilizaron herramientas que ayudan a comprender y esquematizar los procesos. Entre ellas, se presentará el diagrama de operaciones del proceso (DOP) para visualizar la secuencia de actividades en la elaboración de retenes. Luego, se mostrará el diagrama de recorrido (DR) a fin de entender la localización y flujo de las actividades dentro de la distribución de la planta. Después, se presentará el VSM con el fin de identificar los desperdicios y aquellas actividades que no agregan valor dentro de la organización y la cadena de suministro. Por último, se realizará el diagnóstico a partir del análisis realizado con las herramientas ya mencionadas con anterioridad con el objetivo de identificar el principal problema actual que posee la empresa.

La recolección de datos proviene de tres fuentes. En primer lugar, los datos se obtuvieron a partir de toma de muestras durante las visitas. En segundo lugar, también fueron obtenidos a partir de encuestas tomadas a los operarios, supervisor y jefe para estimar su valor, ya que la empresa no cuenta con un sistema de información establecido. Por último, la empresa brindó algunos datos parciales que fueron procesados para construir ciertos indicadores. Para cada información mostrada, a continuación, se detallará la fuente por la cual fue obtenida.

2.3.1 Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)

Para la elaboración de los retenes, se requiere, como material principal, el poliuretano líquido que viene en cilindros de 20 lt. En el caso del moca, que sirve para dar dureza al poliuretano, viene en cilindros de 50 kg y el pigmento viene en frascos de 1 lt. El proceso empieza con el calentamiento de las matrices hasta alcanzar la temperatura adecuada. Mientras se calientan, se coloca 23gr de moca junto con 5 ml de pigmento para dar el color rojo distintivo que se quiere llegar a obtener y son calentados hasta la temperatura adecuada. Luego, la mezcla se vierte suavemente a 120ml de poliuretano líquido previamente calentado. Después, la mezcla es vertida cuidadosamente en la matriz asegurando que el flujo sea continuo para evitar la formación de porosidades. El proceso continúa con el precocido a fin de eliminar las porosidades superficiales. La mezcla se deja reposar para endurecer el contorno de la pieza. Luego de transcurrido el tiempo de reposo, se retira la pieza de la matriz para ser colocado en el horno alrededor de 6 horas. La pieza es retirada del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente para ser trasladados al área de torneado. En esta área, se le quitarán las rebabas al retén como acabado final. Posteriormente, las

piezas son llevadas al área de lavado para eliminar los desperdicios del material. Finalmente, la pieza terminada pasará por un control de calidad para verificar que cumplan las características especificadas por el cliente para ser empaquetadas y distribuidas.

Para una mejor visualización del proceso, se presentará en la figura 21 un esquema que resume lo explicado anteriormente.

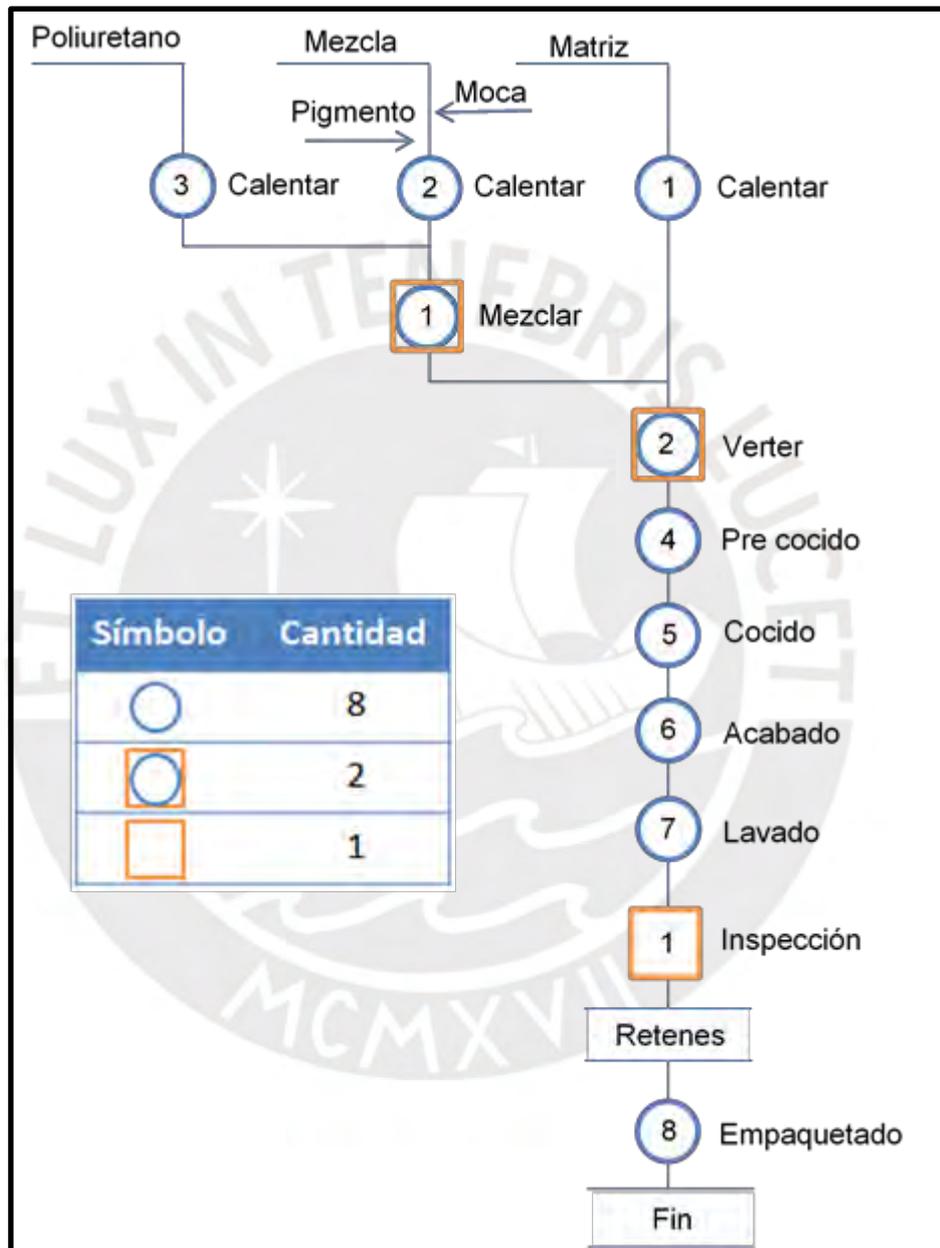


Figura 21: DOP de los retenes de poliuretano

Para calcular algunos de los siguientes indicadores, se entrevistó a los trabajadores involucrados en el proceso y a su jefe directo para estimar la capacidad de cada área. El resto de los indicadores fueron obtenidos a partir de la toma de tiempos a las

actividades involucradas en el proceso de fabricación de retenes durante las visitas a la empresa.

A continuación, se presentan los siguientes indicadores a partir del DOP:

- Capacidad de producción instalada en las estaciones de trabajo:

$$\text{Capacidad de la producción} = \frac{\text{Tiempo estimado de trabajo por día de cada trabajador}}{\text{Tiempo estimado para cada proceso por unidad o grupo}}$$

Tabla 10: Capacidad de producción diaria por área a partir de encuesta

Área	Capacidad de Producción Instalada Diaria (UND)
MOLDEADO/COCCIÓN	100
ACABADO	76
LAVADO	158
EMPAQUETADO	225

- Porcentaje de reprocesos:

$$\text{Porcentaje de Reprocesos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de piezas reprocesadas}}{\text{Producción Total (Piezas producidas + Piezas Reprocesadas)}}$$

Tabla 11: Porcentaje de reprocesos a partir de muestra

Operación	% de Reprocesos
Mezclado	5%
Acabado	8%

Para mayores detalles, revisar el anexo 11

- Porcentaje de merma:

$$\text{Porcentaje de merma} = \frac{\text{Cantidad de Gr como merma por pieza}}{\text{Peso total de material usado por pieza}}$$

Tabla 12: Porcentaje de merma a partir de muestra

Operación	% de Merma
Mezclar	6.25%
Verter	6.67%
Acabado	12.86%

Para mayores detalles, revisar el anexo 12

- Porcentaje de defectuosos: Mezclado y Acabado

$$\text{Porcentaje de defectuosos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de retenes defectuosos}}{\text{Total de retenes defectuosos}}$$

Tabla 13: Porcentaje de defectuosos a partir de encuesta

	Promedio Diario	% de Defectuosos
N° de retenes defectuosos	8	8%
Total de retenes producidos	100	

- Tasa de eficiencia

$$Eficiencia = \frac{N^{\circ} \text{ de piezas que produce en un día} \times \text{Tiempo de elaboración}}{\text{Horas de trabajo por día}}$$

Tabla 14: Porcentaje de eficiencia a partir de encuesta

Área	Eficiencia
MOLDEADO/COCCIÓN	91.67%
ACABADO	89.58%
LAVADO	93.75%
EMPAQUETADO	94.44%

2.3.2 Diagrama de recorrido (DR)

A continuación, en la figura 22, se muestra el diagrama actual de la empresa para tener una mejor explicación de la secuencia de procesos y distribución del lugar de trabajo.

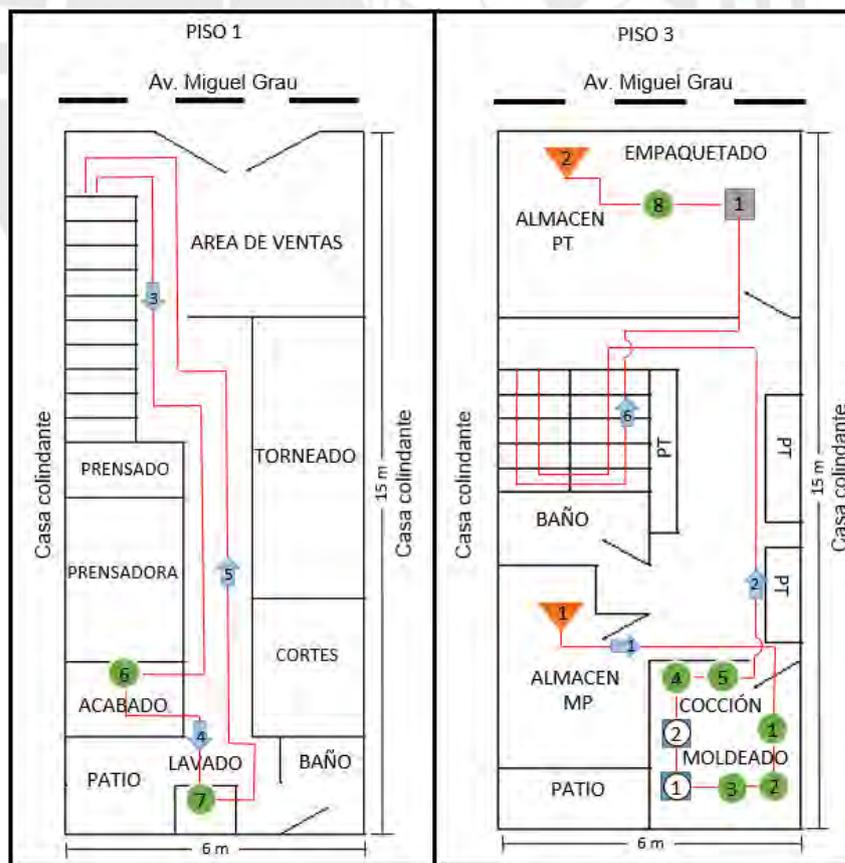


Figura 22: Diagrama de recorrido

Seguidamente, se presentan los indicadores que se obtienen a partir del diagrama de recorrido:

- Tiempo y distancia recorrida entre procesos

Tabla 15: Tiempo y distancia recorrida entre procesos a partir de toma de tiempos

Traslado	Tiempo (Min)	Tiempo (Seg)	Distancia Recorrida (m)
ALM. MP - M/C	0.26	15.71	6.60
M/C - ACA	3.86	231.43	32.40
ACA - LAV	0.14	8.57	3.60
LAV - EMP	3.43	205.71	28.80
EMP - ALM. PT	0.36	21.43	9.00

Leyenda:

ALM. MP: Almacén de Materia Prima

M/C: Moldeado - Cocción

ACA: Acabado

LAV: Lavado

EMP: Empaquetado

ALM. PT: Almacén de Producto Terminado

- Tiempos de esperas – mantenimientos – parada de máquina

Tabla 16: Tiempos de espera, mantenimiento y parada de máquina a partir de toma de tiempos y encuestas en minutos

Operación	Tiempo de Espera	Tiempo de Mantenimiento / Calibración	Tiempo de Parada de Máquina
Calentar	0	0	60
Mezclar	0	0	0
Verter	0	45	0
Precocido	10	0	30
Cocido	0	7	300
Acabado	0	15	600
Lavado	60	5	0
Empaquetado	0	4	0

2.3.3 Value Stream Mapping (VSM)

El VSM está elaborado a partir de la fabricación del modelo *Pumping Seal* HQ, el cual es el objeto de estudio. Los calculos se pueden visualizar en el anexo 13.

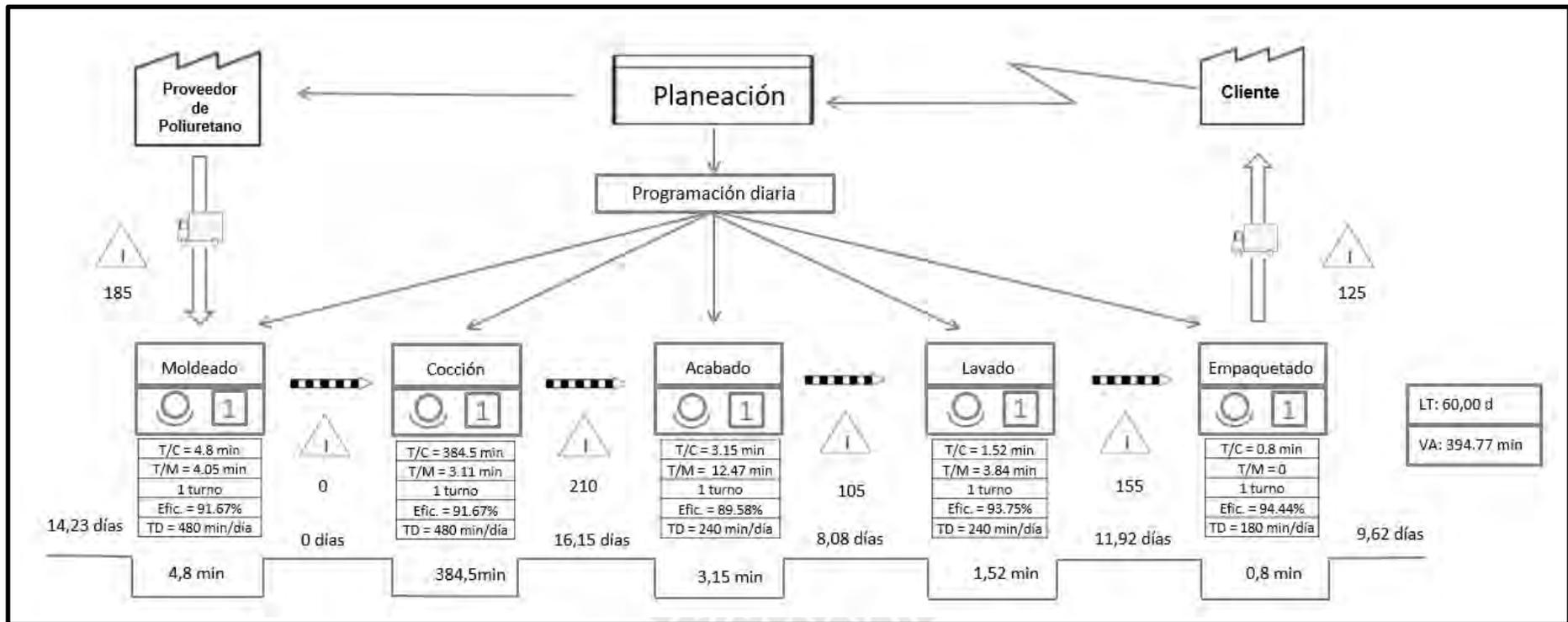


Figura 23: VSM actual

Se está considerando que el tiempo de cocción en el horno es alrededor de 6 horas independientemente de la cantidad de piezas en el horno siendo su capacidad máxima de 100 piezas aproximadamente.

El VSM evidencia la presencia de cantidades grandes de productos en proceso antes del acabado. Por ello, el cuello de botella que tiene actualmente la empresa está ubicado en el proceso de acabado.

A continuación, se presentarán algunos indicadores como resultado del VSM actual de la empresa con su respectiva interpretación.

- Valor agregado (VA): La empresa requiere de 394.77 minutos para producir una pieza de retén de sellado hecho a base de poliuretano.
- Lead time (LT): El lead time asciende a un total de 60 días. Este valor refleja un exceso de inventario de productos en proceso que no se están controlando.

2.3.4 Problemas asociados al sistema de producción de retenes

En esta sección, se presentarán los principales reclamos realizados por el cliente asociado directamente al sistema de producción, los cuales en su mayoría tienen que ver con la calidad de la pieza y con la limitada capacidad de planta.

Reclamos por la calidad de la pieza:

Se tienen dos principales motivos de reclamos: La duración de la pieza y las porosidades que presentan algunas piezas terminadas.

- Duración de la pieza: La duración de la pieza es de aproximadamente 7 días, pero en varias oportunidades, los clientes indicaron que algunas piezas duraron sólo 5 días. Principalmente, la variación de la vida útil se debe a que el nivel de dureza de la pieza se encuentra fuera de los límites de control permitidos. Los procesos críticos involucrados en el resultado final de la dureza en la pieza son el mezclado y la cocción. Para mitigar este problema, se utilizan instrumentos para medir la dureza en el proceso de cocción y en la inspección final. Durante la inspección final, todas las piezas son examinadas para asegurar la calidad.
- Porosidad en la pieza: Las piezas que presentan porosidades son rechazadas por el cliente, ya que no se encuentran dentro de los estándares de calidad establecidos. Se identificó que las porosidades se deben a la técnica utilizada en el mezclado y el tiempo que se expone la pieza al aire libre antes de pasar a la cocción. Se sabe que entre 8 a 10 piezas son defectuosas de cada 100, pero el

55% de las piezas observadas son recuperadas y el resto pasan como productos de segunda clase con un precio de venta menor.

Reclamos por demora en plazo de entrega:

Se identificó que parte de las demoras en el plazo de entrega se deben a la limitada capacidad de planta. En primer lugar, se cuenta con poco personal en el área de acabado, el cual es el cuello de botella en todo el flujo de producción (ver tabla 10). Además, la empresa sólo maneja un turno de trabajo que no es suficiente para sus procesos manuales. En segundo lugar, no hay una adecuada supervisión hacia los trabajadores para dar seguimiento en el cumplimiento de sus labores (ver tabla 14). Por último, los trabajadores no son conscientes de la pérdida de tiempo que generan en los reprocesos y calibraciones (ver tabla 16).

De los tipos de reclamos mencionados, la demora en plazo de entrega representa el 78% de ocurrencia que los clientes han presentado (ver tabla 9). Uno de los motivos en las demoras de plazo de entrega se debe a los problemas asociados a la calidad de la pieza. Los reclamos de calidad asociados a las porosidades de la pieza pueden ser solucionados al realizarse un reproceso en el acabado, lo cual aumenta el plazo de entrega estimado.

2.3.5 Diagnóstico del sistema de producción

Para entender mejor la problemática de la empresa, a continuación, se presenta el diagrama de causa-efecto en la figura 24

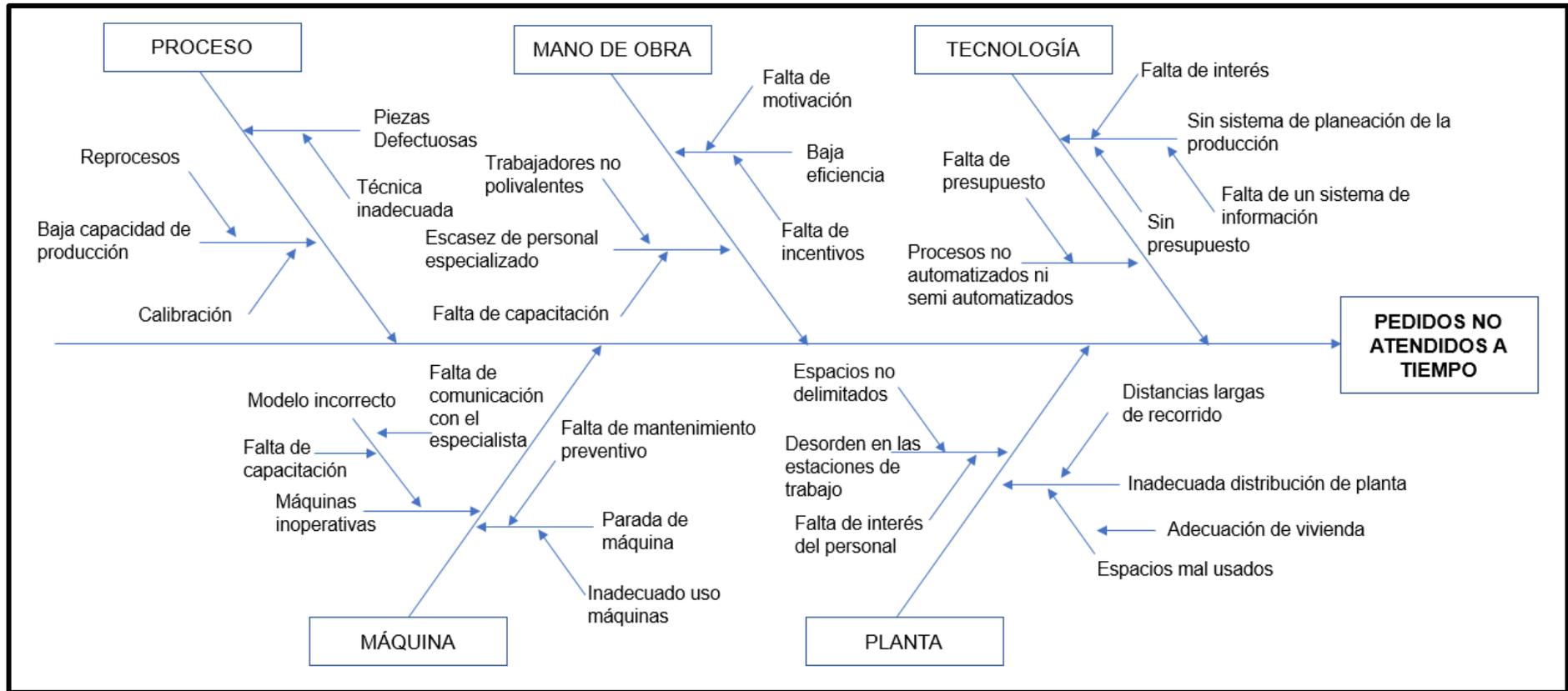


Figura 24: Diagrama de causa - efecto del sistema de producción

Basado en el diagrama de causa-efecto, se diagnostica lo siguiente:

El tipo de producción utilizado sigue un procesamiento por lotes debido a que las piezas son fabricadas en grupos pequeños en cada estación de trabajo. Como evidencia, se visualiza en el VSM (ver figura 23) grandes volúmenes de productos en proceso en todas las estaciones de trabajo, pero sobre todo en el área de acabado. También, utilizan este sistema con la finalidad de reducir tiempos de calibración de las máquinas al cambiar el modelo de la pieza a fabricar. Sin embargo, las demoras en tiempo de calibración siguen siendo altas (ver tabla 16). Se debería implementar estrategias que ayuden a reducir los tiempos de calibración. Adicionalmente, se detectó que cada trabajador sólo conoce el proceso en donde trabaja, dejando de lado la oportunidad de desempeñar varias funciones como un trabajador polivalente. Varios trabajadores podrían reemplazar sus actividades principales apoyando en el cuello de botella que, en este caso, es el proceso de acabado (ver tabla 10) con la finalidad de aumentar la producción diaria. Además, se debe balancear la carga de trabajo con la finalidad de administrar mejor las horas laborales y, aumentar la eficiencia de los trabajadores (ver tabla 14).

Si bien el tipo de producción que manejan es el más adecuado, se tiene que reajustar los tamaños de lote con el fin de aprovechar al máximo los recursos involucrados en la fabricación y reducir en lo posible el inventario en curso. En el caso de la lata de poliuretano líquido, la lata debe ser usada en un máximo de tres días desde el momento que se abre para evitar la pérdida de las propiedades del producto final. Al momento de realizar cualquier cambio, se debe tener en cuenta las capacidades de producción de sus herramientas de trabajo. En el área de acabado, el tiempo dedicado por el trabajador en la fabricación de retenes no es a tiempo completo y solo se tiene un turno de trabajo. Al finalizar el turno de trabajo, la elaboración de poliuretano se paraliza teniendo la posibilidad de seguir utilizando el torno, el cual puede funcionar de manera continua.

La empresa presenta dos problemas fundamentales. Por un lado, la distribución de la planta posee una inadecuada ubicación de las estaciones de trabajo. Esto se debe a que ha sido adaptada a partir de un plano de vivienda, el cual causó, como principal restricción, el uso del primer y tercer piso como áreas de producción. Por otro lado, las estaciones de trabajo están desordenadas por la falta de delimitación de espacios y apoyo del personal para mantener el orden. Según el diagrama de recorrido, ambos problemas afectan en el tiempo y distancia recorrida debido al desorden generado y a los largos tramos recorridos entre áreas (ver tabla 15).

En cuanto al manejo de información, la empresa no cuenta con un adecuado registro de la información histórica. Esto se debe a que presenta problemas con el uso y registro en Excel clásico al almacenar información. En su reemplazo, manejan un sistema de almacenamiento a través de papeles con registro de las ventas, precios y cotizaciones de algunos meses. Por ello, no se puede dar un correcto seguimiento a su información histórica y actual. Como consecuencia, no tienen un control de todas sus operaciones, tales como el porcentaje de merma, piezas reprocesadas y piezas defectuosas que se generan a diario. Por ello, se procedió a complementar el levantamiento de información de estos indicadores con el uso de encuestas y toma de muestras. Según los resultados obtenidos, se estimaron altos porcentajes en los indicadores de reprocesos, mermas y piezas defectuosas, los cuales reflejan la baja capacidad de producción actual (ver tablas 11, 12 y 13).

En cuanto al almacenamiento de datos, la empresa maneja unidades *flash*, como los USB, para el transporte de la información. Este manejo de dispositivos refleja un inadecuado manejo en temas de seguridad de la información, ya que está propensa a sufrir robo o pérdida de información. Por otro lado, sólo maneja el uso de una laptop para su gestión y control de la producción. Se aconseja mejorar sus herramientas de almacenamiento para asegurar la confidencialidad de la información (ver figura 18) y, ver la posibilidad de utilizar otras herramientas para la gestión y control de la producción (ver anexo 6).

2.4 Análisis y diagnóstico de la gestión de inventarios actual de retenes

Para un correcto análisis y diagnóstico actual de la gestión de inventarios, se emplearon herramientas e indicadores a fin de comprender y esquematizar los procesos. Primero, se analizó la inversión que existe según el tipo de inventario con la finalidad de identificar cual es la mayor. Segundo, se analizó si existe un sistema de estimación de la demanda o si se trabaja contra pedido. Tercero, se analizó el sistema que la empresa aplica al determinar el stock de seguridad. Cuarto, también se analizó los problemas asociados a la gestión de inventarios como los reclamos y el exceso de estos. Finalmente, se realizará el diagnóstico a partir del análisis realizado con las herramientas mencionadas en el primer capítulo a fin de identificar el principal problema actual que posee la empresa.

Los datos obtenidos provienen de tres fuentes. En primer lugar, los datos se obtuvieron a partir de toma de muestras durante las visitas. En segundo lugar, fueron

obtenidos a partir de encuestas para estimar su valor, ya que la empresa no cuenta con un sistema de información establecido. Por último, la empresa brindó algunos datos parciales que fueron procesados para construir ciertos indicadores.

2.4.1 Gestión de materias primas

La composición del retén *Pumping Seal* del modelo HQ maneja la siguiente composición de materias primas mostradas en la tabla 17:

Tabla 17: Composición del retén Pumping Seal – HQ por entrevista

Materia Prima	Unidad	Cantidad
Poliuretano	ml	120
Moca	gr	23
Pigmento	ml	5

La tabla anterior demuestra que la principal composición de las piezas de poliuretano en estudio es el poliuretano líquido. Por lo tanto, es considerado como la principal materia prima para la elaboración de retenes de sellado.

A continuación, en la tabla 18, se presentará el stock promedio que se maneja de cada uno de los componentes primarios en la elaboración de retenes de poliuretano.

Tabla 18: Stock promedio de los insumos utilizados para el Pumping Seal - HQ

Materia Prima	Envase	Capacidad	Inventario Promedio	Pedido en Lotes	Punto de Pedido
Poliuretano	lata	20 Lt	7	12	10
Moca	lata	50 kg	1	1	3
Pigmento	Frasco	5 lt	2	3	2

Es importante mencionar que, el 20% del total de poliuretano en promedio es destinado a la producción de retenes del tipo *Pumping Seal* del modelo HQ. De manera similar, sucede con el total del inventario de moca. En el caso del pigmento, aproximadamente el 30% es usado para las piezas en mención. El resto de materia prima es distribuido para las demás piezas que solicita el mercado.

Respecto al reabastecimiento de la materia prima, se indican los puntos de pedidos, los cuales son revisados de manera rutinaria por parte de los trabajadores que se encuentran en el área de moldeado. Al momento de gestionar el reabastecimiento, los pedidos se realizan de acuerdo con el tamaño de lotes que se indica en la tabla anterior y respetando la capacidad de los envases solicitados.

2.4.2 Clasificación de los tipos de inventarios

Actualmente la empresa cuenta con grandes volúmenes de inventarios. Por ello, se estimó el valor de la inversión promedio para cada tipo de inventario. A continuación, se presentan los resultados en la tabla 19.

Tabla 19: Valor de inventarios promedio según su tipo

Tipo de Inventario	Cantidad	Inversión	Porcentaje
Materia prima	-	S/ 3,315.10	16.86%
Primaria	-	S/ 2,630.10	13.37%
Secundaria	-	S/ 685.00	3.48%
Producto en proceso	470	S/ 12,638.73	64.27%
Producto terminado	125	S/ 3,712.50	18.88%
Total		S/ 19,666.33	100.00%

Las cantidades que aparecen en el cuadro anterior están representadas en piezas de retenes de poliuretano. En el caso de la materia prima, no se colocaron su equivalencia en piezas de poliuretano, pero sí el valor económico que representan en inventario.

Los resultados respaldan el exceso de productos en proceso que tiene la empresa, ya que estos poseen el mayor porcentaje de inversión en comparación de los demás tipos de inventarios. Para visualizar los detalles de cada tipo de inventario, se sugiere revisar los anexos del 14 al 16.

2.4.3 Sistema actual de gestión de inventarios de productos terminados

En el siguiente punto se explicarán los tres factores influyentes en el manejo de la gestión de inventarios de productos terminados. En primer lugar, se revisará el mecanismo de estimación que utilizan para las proyecciones de ventas y cómo este afecta en la percepción del servicio por parte del cliente. En segundo lugar, se mostrará el flujo del sistema de gestión de inventarios y la política en la atención de pedidos que maneja la compañía. Por último, se mostrarán los parámetros del sistema actual de inventarios que están sujetos al sistema de gestión de inventarios.

2.4.3.1 Estimación de proyecciones de ventas

En la actualidad, la empresa no maneja un sistema de información adecuado para estimar el pronóstico de ventas. Como consecuencia, no tienen una base de datos histórica que pueda utilizarse para la estimación de la demanda futura. En su reemplazo, manejan una producción a partir de las solicitudes del cliente a partir de

cantidades mayores a 50 unidades; caso contrario, la solicitud será atendida desde el almacén de productos terminados.

El gran problema que causa el manejo de una producción contra pedido es que presentan demoras en la entrega de pedidos (ver tablas 8 y 9), los cuales oscilan entre 1 a 3 días de retraso. No se presentan casos significativos de ventas perdidas debido a la necesidad del cliente que puede llegar incluso a esperar un plazo máximo de 6 días de retraso según lo indicado por la empresa. El cliente prefiere esperar el plazo de demora acordado debido a que la empresa utiliza mejores insumos en la elaboración de retenes que sus competidores, lo cual se ve reflejado en el tiempo de vida útil de la pieza que es muy valorado.

2.4.3.2 Flujograma del sistema de gestión de inventarios

Para entender el flujo de la atención de pedidos, se presenta el siguiente flujograma en la figura 25.

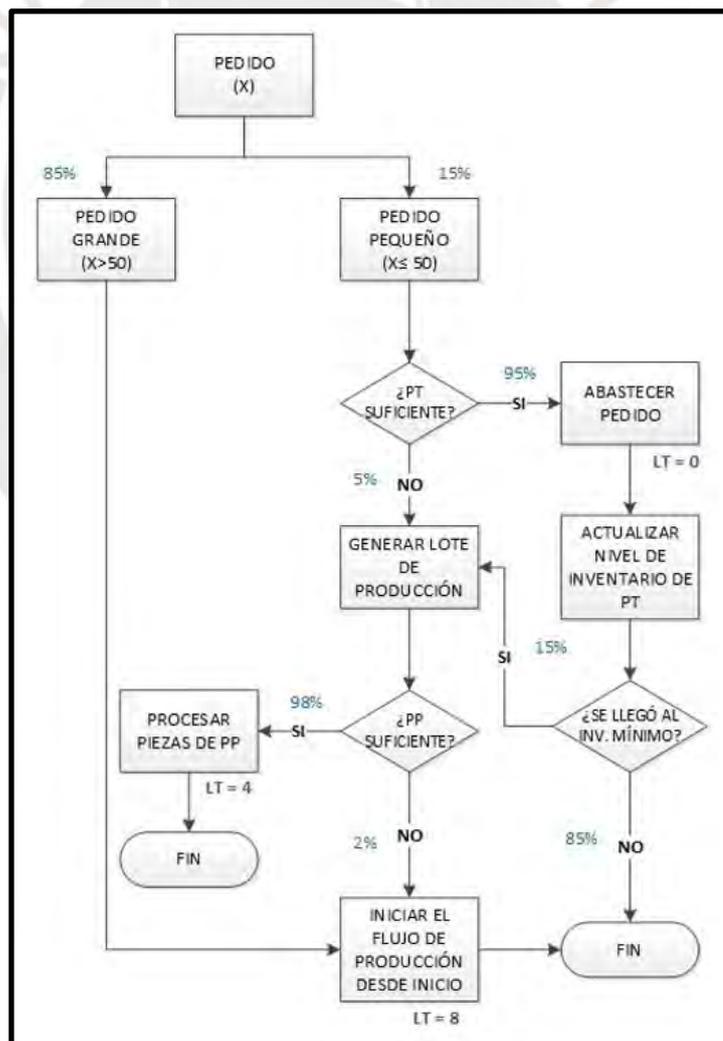


Figura 25: Flujograma del sistema de inventarios actual

Al momento de atender un pedido, la cantidad solicitada determinará si se abastecerán las piezas contra pedido o con el stock que maneja la empresa. Se va a considerar como pedido grande si se solicitan cantidades mayores de 50 unidades; caso contrario, será considerado como un pedido pequeño. Si se solicita un pedido mayor de 50 unidades que se da en la mayoría de los casos, una orden de producción será emitida para iniciar todo el proceso de producción desde la obtención de la materia prima. En cambio, si la solicitud del pedido es menor a 50 unidades, inmediatamente el pedido será abastecido con el inventario de productos terminados del almacén. Mayormente, los pedidos pequeños son atendidos a partir de los inventarios del almacén de productos terminados. Luego, se procederá a actualizar la cantidad de productos terminados del almacén. Si el inventario disponible de productos terminados es menor al punto de reposición, 50 piezas, o el pedido del cliente es mayor al inventario disponible actual, se generará una orden de producción constante de 250 unidades. Para estos dos últimos casos, la frecuencia de ocurrencia es baja durante las semanas. Antes de iniciar la orden de producción, se consultará la disponibilidad de productos en proceso. Si la cantidad de productos en proceso logra cubrir el total de la orden solicitada, el cual se da en la mayoría de los casos, se terminan de fabricar las piezas en proceso cuyo *lead time* es de 4 días aproximadamente. En caso contrario, se iniciará la orden de producción para la cantidad faltante de la orden solicitada cuyo *lead time* es de 8 días aproximadamente. Si no se cuenta con inventarios de productos en proceso para atender la orden completa de producción, el cual casi nunca sucede, se iniciará una orden de producción desde el primer proceso de producción.

Al momento de atender una orden de producción desde el inicio, la cantidad de productos a fabricar no necesariamente coincidirá con la cantidad ordenada, ya que muchas veces se intentará aprovechar al máximo todo el contenido del envase del poliuretano líquido una vez abierto. Por política de la empresa, se utilizará todo el contenido del envase del poliuretano líquido en menos de 3 días con el fin de que las piezas conserven sus propiedades deseadas. Una vez que la pieza termina de pasar por el proceso de cocción, conservará sus propiedades a pesar de no continuar con los siguientes procesos programados.

2.4.3.3 Parámetros del sistema actual de gestión de inventarios

Internamente, la empresa maneja algunas políticas de inventarios. Cabe mencionar que no manejan un adecuado sistema de inventarios, ya que están basados a partir de la experiencia de los pedidos.

A continuación, en la tabla 20, se muestra la tabla resumen del sistema de inventarios implementado por la empresa:

Tabla 20: Parámetros de la gestión de inventarios

Tipo	Cantidad (Piezas)
Punto de reposición	50
Lote de producción promedio	250
Cantidad máxima de inventario	500

- La empresa maneja lotes de producción variables en cada reabastecimiento debido a la necesidad de aprovechar al máximo el contenido de su materia prima principal. Según las entrevistas realizadas a las personas responsables del control del inventario, se considera un lote de producción promedio de 250 piezas de retenes.
- El número de piezas solicitadas por cliente determinará la forma de atender el pedido. Si el pedido es menor a 50 unidades, se atenderá directamente del almacén de productos terminados, pero si superan las 50 piezas, se iniciará una orden de producción, contra pedido.
- Según las encuestas realizadas a los trabajadores, el punto de reposición es de 50 unidades. Por otra parte, la empresa no cuenta con un nivel de stock de seguridad establecido.
- El inventario de productos terminados se usa para el cambio de piezas por temas de calidad o cuando los pedidos sean pequeños. Además, no pueden exceder las 500 piezas por las limitaciones de espacio con las que cuenta. Ello se debe a la variedad de modelos de piezas terminadas que debe almacenar y el gran volumen de productos en proceso.

Seguidamente, en la figura 26, se presenta el gráfico del sistema de inventarios actual para los pedidos pequeños.

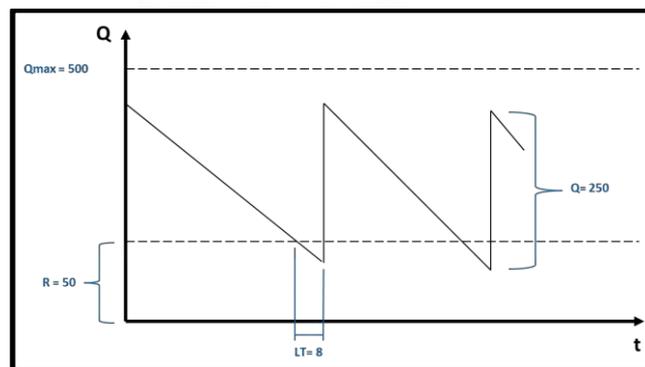


Figura 26: Sistema de inventarios actual

2.4.4 Problemas asociados a la gestión de inventarios de productos en proceso

En esta parte del análisis, se explicarán los dos principales tipos de problemas que afronta la empresa hoy en día. Por un lado, se encuentran los reclamos debidos al retraso en la entrega de los pedidos. Por otro lado, se tiene el exceso del nivel de inventario en proceso que posee la empresa.

Reclamos por demora en plazo de entrega

Se identificó que parte de las demoras en el plazo de entrega se deben a los problemas de abastecimiento. Por un lado, la empresa no ha implementado un sistema de gestión de inventario para controlar la reposición a tiempo de la materia prima, ya que realizan la solicitud de pedido de manera espontánea. Adicionalmente, corren el riesgo de que, en ese instante, el proveedor no cuente con lo solicitado. Por otro lado, la empresa solo trabaja con un único proveedor quien posee un stock limitado para adquirir el poliuretano líquido. Como consecuencia, en ciertas ocasiones, la empresa ha quedado desabastecida afectando la producción y la posterior entrega a tiempo de los pedidos.

Exceso en inventario en proceso

Durante la fabricación de piezas de poliuretano, se generan gran cantidad de productos en proceso entre las estaciones de trabajo que permanecen por tiempos prolongados. A continuación, se presenta en la tabla 21 el resumen para visualizar lo mencionado.

$$\text{Plazo de salida del inventario} = \frac{\text{Inventario promedio mensual}}{\text{Demanda promedio}}$$

Tabla 21: Cantidad de piezas entre estaciones de trabajo y su duración en días

Proceso	Inventario Promedio (Retenes)	Inventario (Días)
Almacén MP	185	14.23
Moldeado – Cocción	-	0.00
Cocción – Acabado	210	16.15
Acabado – Lavado	105	8.08
Lavado – Empaquetado	155	11.92
Almacén PT	125	9.62
Total		60.00

- Para estimar el inventario en días de la tabla anterior, se consideró una demanda diaria igual a trece unidades de retenes aproximadamente. Las unidades del inventario promedio están representadas en piezas de retenes de poliuretano.

- La primera fila del cuadro indica la cantidad de materia prima en el almacén representado por número de piezas de retenes y su tiempo de permanencia en días antes que lleguen al cliente. De manera similar sucede en la última fila con la interpretación de los resultados. Ambos valores se incluyen en el cuadro anterior, ya que se utilizaron para la elaboración del VSM diseñado en el punto 2.3.3.
- No se tiene inventario en proceso entre las estaciones de trabajo de moldeado y cocción, porque, ya mezclados los ingredientes, inmediatamente se debe verter la mezcla en las matrices. Luego, las matrices tienen que ser inmediatamente cocidas con el objetivo de que no pierdan sus propiedades sino el producto final no cumplirá los estándares de calidad requeridos.
- Según el cuadro anterior, las piezas que pasan de cocción a acabado son las que presentan la mayor cantidad de productos en proceso y el mayor valor en días de permanencia en el inventario. Principalmente, esto se debe a que el área de cocción es el que más se demora en procesar las piezas. Además, se cuenta con un solo trabajador encargado del proceso de acabado, el cual se dedica la mitad de su tiempo a realizar el acabado de las piezas de poliuretano.
- A partir del inventario total en días, se puede inferir que pasarán aproximadamente 60 días hasta que la última pieza de productos en proceso salga de la empresa hacia el cliente. Lo anterior mencionado, sugiere que los inventarios de productos en proceso pasan un periodo muy largo como inventarios, lo cual genera costos de almacenaje innecesarios.

El alto nivel de inventarios de productos en proceso refuerza la idea de que los plazos de entrega son el principal problema actual dentro de la compañía.

2.4.5 Diagnóstico de la gestión de inventarios

Para entender mejor la problemática de la empresa, a continuación, se presenta el diagrama de causa-efecto en la figura 27:

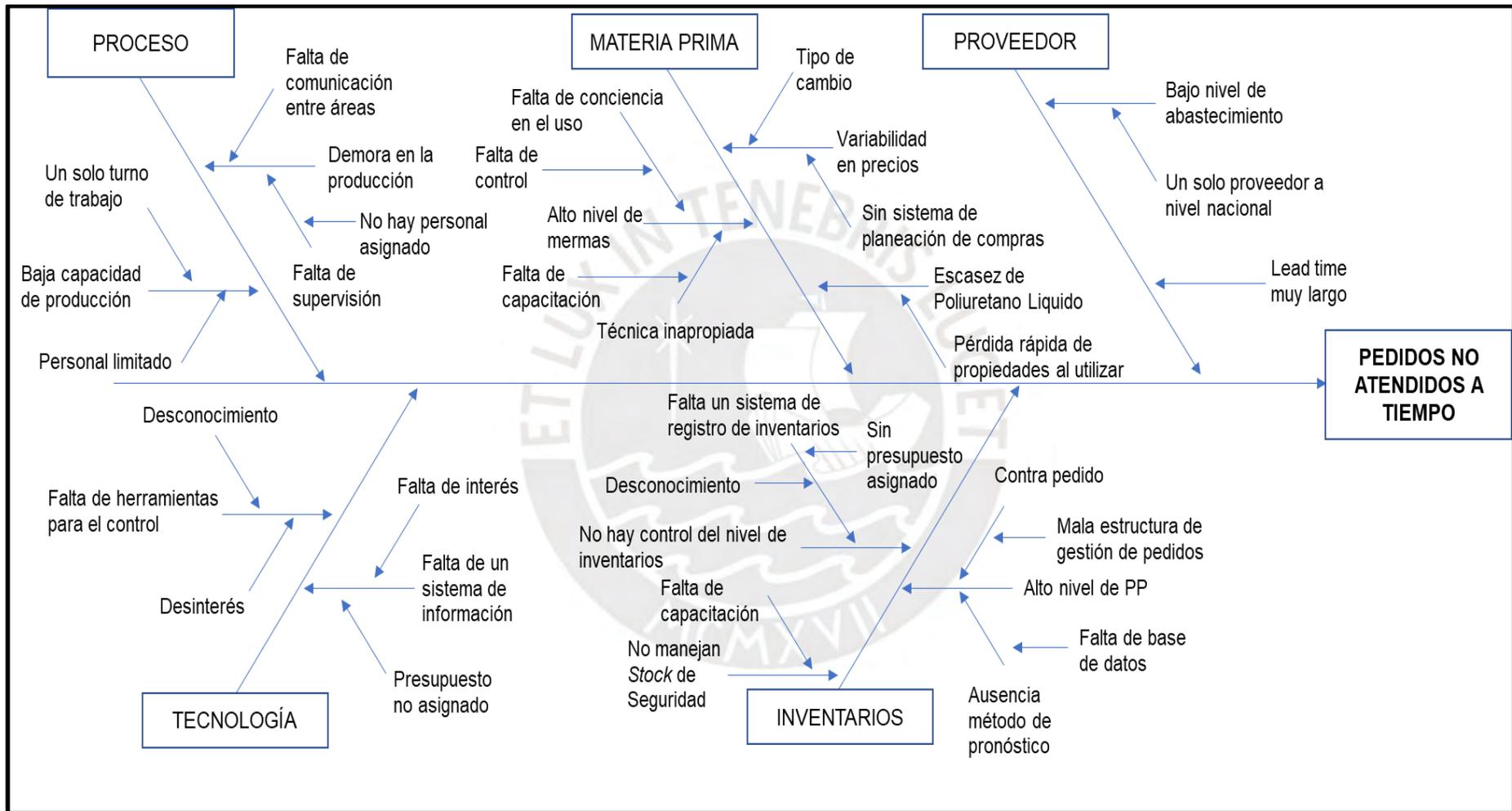


Figura 27: Diagrama de causa - efecto de la gestión de inventarios

Basado en el diagrama de causa-efecto, se diagnóstica lo siguiente:

Actualmente, la mayor inversión en inventarios lo conforman los productos en proceso, los cuales superan el 50% del valor de inventarios. Principalmente, esto se debe a tres motivos. Por un lado, se tiene la producción contra pedido para pedidos mayores a 50 unidades, los cuales se elaboran desde cero sin considerar los productos en proceso ya existentes. Además, la ausencia de métodos efectivos para estimar la demanda futura afecta al sistema de gestión de inventarios, el cual se usa para la atención de pedidos pequeños. Por otro lado, la empresa desconoce de un sistema de información y de herramientas que le permitan controlar el nivel de inventarios para registrar las entradas y salidas de los recursos. Finalmente, la empresa corre un alto riesgo de desabastecimiento al no contar con un stock de seguridad debido a la demanda variable y estacional que posee. Se debe volver a determinar el punto de pedido y estimar un nivel de stock de seguridad respetando que el punto de pedido sea mayor al stock de seguridad (ver tabla 20).

Se han detectado dos tipos de reclamos: demora en el plazo de entrega y reclamos por calidad. Respecto a los reclamos en el plazo de entrega, tiene la mayor frecuencia de ocurrencia debido a la ausencia de un sistema de gestión de inventarios de materia prima, la dependencia hacia un único proveedor con stock limitado y limitada capacidad de planta. En cuanto a la capacidad de planta, esta se debe a que cuentan con un limitado personal que trabaja un solo turno y no llevan un ritmo de trabajo constante por la falta de supervisión y comunicación entre áreas. Por el lado del abastecimiento, para adquirir la principal materia prima, poliuretano líquido, la empresa sólo cuenta con un proveedor quien tiene un stock limitado y, periodo de entrega prolongado y variable. La dependencia de contar con un solo proveedor genera un alto riesgo de quedarse sin materia prima. En cuanto a los reclamos de calidad, está asociado a la dureza y porosidad de las piezas. El reforzamiento de la inspección en el proceso de mezclado y cocción permitieron reducir el número de piezas con problemas de dureza. Sin embargo, la aparición de las porosidades aún sigue siendo un problema debido a la técnica de mezclado y el tiempo de exposición de la pieza al entorno antes de la cocción (ver tablas 8 y 9).

La empresa presenta limitaciones con el poliuretano líquido, ya que presenta inestabilidad de precios en el mercado, restricciones al preparar la mezcla y un inadecuado manejo por parte de los trabajadores. Respecto a la inestabilidad de precios, la empresa normalmente se abastece del poliuretano líquido cuando escasea en el almacén, ya que no cuenta con un sistema de planeación de compras

que le permita planificar con anticipación los abastecimientos. El tipo de cambio de dólar influye en el nivel de abastecimiento del proveedor debido a que el poliuretano líquido es importado. Sucedieron casos donde el proveedor no contaba con la suficiente cantidad de poliuretano debido al incremento del precio en el mercado exterior. Como consecuencia, se produjo la parada temporal en la producción de retenes al no contar con la materia prima principal. Respecto a las restricciones al preparar la mezcla, el material debe ser usado en los primeros tres días desde que se abre el cilindro sellado de poliuretano para evitar la alteración de las propiedades del producto final. Por ello, se aconseja optimizar el uso de la materia prima principal, poliuretano líquido, produciendo piezas adicionales, cuyas piezas tengan la mayor rotación. Adicionalmente, se aconseja llevar algún tipo de pronóstico que ayude a encontrar dicho tipo de productos. Respecto al inadecuado manejo del poliuretano, existe un alto nivel de mermas debido a la falta de conciencia en su adecuado uso por parte de los trabajadores y la falta de capacitación (ver tabla 12).

Como se mencionó anteriormente, la empresa no maneja un adecuado sistema de información, lo cual representa una limitación para poder obtener indicadores y pronósticos confiables. Se aconseja llevar un mejor seguimiento de los inventarios con ayuda de herramientas de control, las cuales también mejorarán el flujo de la preparación de los pedidos para controlar el sistema de gestión de inventarios (ver figuras 18 y 19). En cuanto a la interfaz y software para el manejo de inventarios, se aconseja ver la posibilidad de usar programas o herramientas más especializadas con el fin de llevar un mejor control y manejo de inventarios en tiempo real (ver anexos 5 y 6).

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE MEJORA

En el capítulo anterior, se realizó el análisis y diagnóstico del caso de estudio con el uso de diferentes tipos de herramientas e indicadores. En este punto, se revisará a detalle cada una de las herramientas propuestas y su potencial beneficio para dar solución a los problemas centrales.

En primer lugar, la demanda futura será estimada a partir de pronósticos para iniciar con el proceso de reestructuración. En segundo lugar, se propone un sistema de gestión de inventarios con nuevos parámetros, el cual afectará la forma de atender los pedidos calificados como pedidos grandes. En tercer lugar, se propone el uso de las 5S's principalmente para reorganizar los almacenes y el cuello de botella que es el área de acabado. En cuarto lugar, una lista de plantillas es propuesta para empezar a generar indicadores y controlar adecuadamente la producción y los inventarios. En quinto lugar, se propone técnicas de Poka-Yoke para reducir los tiempos de operación, paradas de máquinas y cantidad de piezas defectuosas. En sexto lugar, se propone la capacitación de los trabajadores en la ejecución de otras actividades a fin de mantener la continuidad de estas. A continuación, se muestra el resumen de los principales problemas y sus respectivas acciones de mejora en la tabla 22.

Tabla 22: Resumen de los principales problemas vs las acciones propuestas

Principales problemas identificados	Propuesta de acciones a realizar
Proyección de las demandas en base a la experiencia	Método de Pronósticos estacional multiplicativo
Dos flujos de atención en los pedidos	Nuevo flujo de atención de pedidos unificado
Parámetros de control ineficientes	Parámetros de control ajustados al nuevo sistema
Desorden y mal uso de espacios de trabajo	Implementación de 5S's
Ineficiente sistema de información	Plantillas e implementación de software
Problemas de calidad en las piezas	Uso del Poka Yoke
Paradas de trabajo por ausencia del trabajador	Práctica de la polivalencia

La implementación de cada herramienta será gradual. Las propuestas de mejora comenzarán con los cambios en la conducta de trabajo. Seguidamente, el flujo de actividades de todo el sistema será modificado al igual que el sistema de información.

3.1 Pronósticos

Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema de información estructurado que permita realizar predicciones de las demandas de retenes de poliuretano modelo HQ. Tampoco, la empresa no cuenta con un mecanismo adecuado de predicción de las demandas, ya que lo realizan empíricamente en base a la experiencia que adquirieron.

Para empezar con la reestructuración de la gestión de la producción y de los inventarios, es necesario contar con una mejor estimación de la demanda futura. Para ello se propone implementar algún método de pronóstico como primer paso.

Se recopiló información a partir de las ventas realizadas de los meses anteriores con el fin de conocer el comportamiento de la demanda enfocada en la pieza de poliuretano *Pumping Seal* del modelo HQ. A continuación, se muestra la demanda de la pieza por semanas en la figura 28.

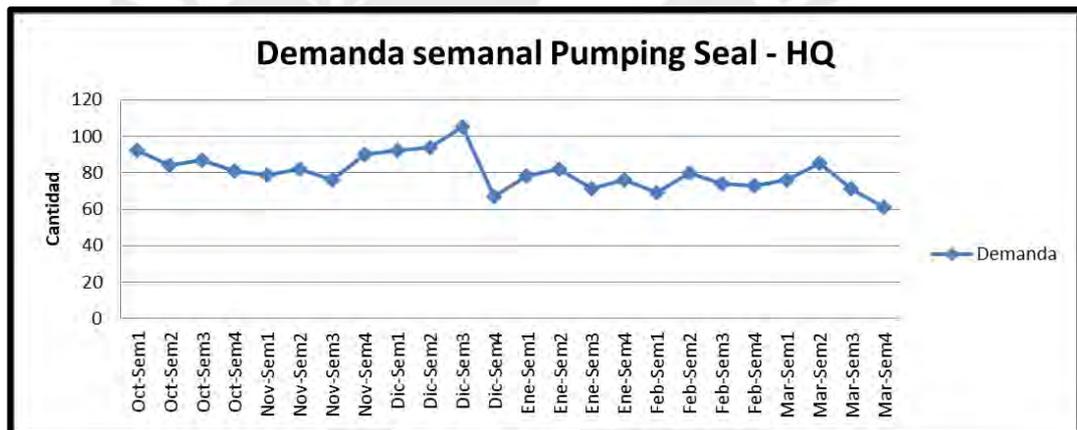


Figura 28: Demanda semanal de los retenes Pumping Seal - HQ

Como se puede apreciar en la figura 28, la demanda es mayor en las últimas semanas del año y presenta una caída al empezar el siguiente. La variación entre el cierre del 2018 e inicios del 2019 es de aproximadamente 13 pedidos por semana, lo cual nos demuestra que la demanda de este tipo de retenes tiene un comportamiento estacional aparente. Para ver los detalles de la demanda, ver el anexo 17

Basado en una demanda estacional aparente de los retenes modelo HQ, se evaluarán cuatro métodos de pronósticos: Promedio móvil simple, Promedio móvil ponderado, Suavización exponencial simple y Estacional multiplicativo. De esta manera se podrá identificar aquel método que presente el menor error de estimación para las demandas futuras presentadas en la serie de tiempos, ver figura 28.

Promedio móvil simple (M1)

Se hicieron varias evaluaciones con diferentes periodos para comparar y elegir aquel que posea los menores indicadores de error, los cuales se detallan en la tabla 23.

Tabla 23: Indicadores de error por periodo de evaluación (M1)

	Periodo			
	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas
CFE	-39	-43	-41	-42
MAD	7.68	7.67	8.35	8.74
MSE	106.14	102.71	114.25	113.16
MAPE	10.13%	10.02%	10.86%	11.29%

Según la tabla anterior, el periodo de dos semanas en general posee los indicadores de error más pequeños, lo cual indicaría que es la mejor opción por elegir con este método. Para más detalles del cálculo de este método, revisar el anexo 18

Promedio móvil ponderado (M2)

De la misma manera que el método anterior, se hicieron varias evaluaciones con diferentes periodos con la finalidad de comparar y elegir aquel que posea los menores indicadores de error, los cuales se detallan en la tabla 24.

Tabla 24: Indicadores de error por periodo de evaluación (M2)

	Periodo			
	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas
CFE	-41	-44	-40	-38
MAD	7.32	7.33	7.60	8.32
MSE	106.59	103.43	106.80	110.32
MAPE	9.74%	9.70%	10.02%	10.87%

De acuerdo con los resultados de la tabla 24, el periodo de dos semanas en general posee los indicadores de error más pequeños, lo cual indicaría que es la mejor opción por considerar para estimar pronósticos. Para más detalles del cálculo de este método, se sugiere revisar el anexo 19.

Suavización exponencial simple (M3)

Con este método, se buscó un valor adecuado para el parámetro de suavizamiento (α) con el fin de encontrar la mejor estimación posible. En base a este criterio, se

determinó un valor de suavizamiento igual a 0.55. Un valor más alto en el α refleja un pronóstico con respuesta más rápida a cambios en la demanda. Por esta razón, se consideró un valor capaz de poder atender este tipo de respuestas. Los resultados de esta evaluación se detallan en la tabla 25.

Tabla 25: Indicadores de error por periodo de evaluación (M3)

Medidas de error	Valores
CFE	-33
MAD	7.14
MSE	96.59
MAPE	9.46%

Este tercer método sugiere una mejor alternativa con respecto a los dos métodos presentados anteriormente debido a que las medidas de error de este último método son menores a los anteriores. Para más detalles del cálculo de este método, se debe revisar el anexo 20.

En general, los valores pronosticados son mayores a los valores reales. Esta afirmación tiene justificación con el valor obtenido del CFE, el cual indica la presencia del sesgo hacia un lado. La dispersión del error de pronóstico calculado con el MAD indica que en general los pronósticos se encuentran alrededor del valor real de la demanda. Al examinar la medida de dispersión de los 3 métodos en los periodos con desviaciones pequeñas que detecta el MSE, indican que el tercer método es la mejor alternativa debido a que tiene el menor valor.

Según Krajewski (2013), el error cometido en un pronóstico para estimar la demanda de un artículo individual fácilmente supera el 5% dentro de una organización. En este caso, el porcentaje de error medio absoluto guarda relación con lo indicado por Krajewski, ya que se encuentra por encima del 5% y cercano a este al mismo tiempo.

Estacional multiplicativo (M4)

Se está considerando la viabilidad de este método, el cual necesita contar con un mayor manejo de base de datos para tener factores estacionales más exactos. Este método también tiene el enfoque de tomar en cuenta los efectos estacionales limitando los datos en la serie de tiempo a periodos en la misma estación.

Se hizo la simulación con las 20 semanas para obtener los factores estacionales y se pronosticó la demanda del mes de marzo a partir del método 3 (Suavización

exponencial simple) para ser usado como datos de entrada de este método, los cuales se detallan en la tabla 26.

Tabla 26: Pronóstico de marzo obtenido del M3

Pronósticos - Marzo (Suavización exponencial simple)	
Semana 1	74
Semana 2	75
Semana 3	81
Semana 4	75
Total	305

A continuación, en la tabla 27, se presentan los factores estacionales (F.E.) usados para estimar el pronóstico del mes de marzo.

Tabla 27: Pronóstico de marzo del M4

	F.E. Octubre	F.E. Noviembre	F.E. Diciembre	F.E. Enero	F.E. Febrero	F.E. Promedio	Marzo
Sem1	1.070	0.966	1.028	1.016	0.932	1.003	76.40
Sem2	0.977	1.003	1.050	1.068	1.081	1.036	78.95
Sem3	1.012	0.930	1.173	0.925	1.000	1.008	76.81
Sem4	0.942	1.101	0.749	0.990	0.986	0.954	72.67
Total	344	327	358	307	296	305	
Promedio	86	81.75	89.5	76.75	74	76.21	

Ahora, se muestran las medidas de error calculadas a partir de este método para estimar el mes de marzo en la tabla 28.

Tabla 28: Medidas de error en marzo con M4

Medidas de error	Valores
CFE	-12
MAD	6
MSE	54
MAPE	8.80%

La combinación de métodos tiene como finalidad ajustar el error de pronóstico estimado. Para más detalles del cálculo, se sugiere revisar el anexo 21.

Comparando los métodos para el pronóstico del mes de marzo

A continuación, en la tabla 29, se mostrará el cuadro comparativo con todos los métodos analizados:

Tabla 29: Resumen de pronósticos y errores obtenidos de los cuatro métodos

	Pronóstico - Marzo				
	Real	M1	M2	M3	M4
Sem1	76	74	74	74	76
Sem2	85	75	76	76	79
Sem3	71	81	83	81	77
Sem4	61	78	76	76	73
CFE	-15	-16	-14	-12	
MAD	9.75	9.5	9	6	
MSE	123.25	113.5	102.5	54	
MAPE	14.09%	13.68%	12.97%	8.80%	

En la tabla 29, se observa que los indicadores del error de pronóstico aplicado sólo al mes de marzo disminuyeron al combinar tanto el método de suavización exponencial simple (M3) con el método estacional multiplicativo (M4). Según Krajewski (2013), las investigaciones sugieren que combinar pronósticos de varias fuentes hace que los pronósticos sean más precisos. En este caso, la combinación de ambas técnicas generó que los indicadores del error de pronósticos disminuyeran. Al combinar ambos métodos, se logró obtener estimaciones más precisas que las conseguidas con el método de suavización exponencial simple (M3), el cual se tenía pensado emplear como propuesta de mejora. La mejora en la gestión de pronósticos permitirá tener un mejor control de inventarios, ya que serán más precisos. Además, un mejor pronóstico disminuye la variabilidad y con ello se reduce el nivel de stock de seguridad. Para más detalles del cálculo, se sugiere revisar el anexo 22.

3.2 Propuesta de sistema de gestión de inventarios

Continuando con la reestructuración, es necesario rediseñar el sistema actual de gestión de inventarios. El flujo de inventarios actual tiene dos tipos de atenciones de pedidos, lo cual genera acumulación de inventarios que equivalen a un alto valor de dinero inmovilizado. Además, los parámetros actuales no toman en consideración el uso eficiente de la materia prima principal ni incluye un stock de seguridad.

El rediseño del sistema tiene como finalidad dos objetivos. Por un lado, se reducirá el inventario de productos en proceso y mejorará el control logístico en general. Por otro lado, se impulsará la comunicación y coordinación entre las áreas, además de mejorar el control de la producción. Finalmente, se realizarán cambios en los parámetros de inventarios que maneja la empresa, ya que la implementación de pronósticos y el nuevo flujo del sistema requieren nuevos parámetros.

3.2.1 Flujograma del sistema de gestión de inventarios propuesto

La nueva propuesta del flujograma afectará básicamente a la forma de atender los pedidos calificados como pedidos grandes. A continuación, en la figura 29, se presenta el nuevo flujo propuesto:

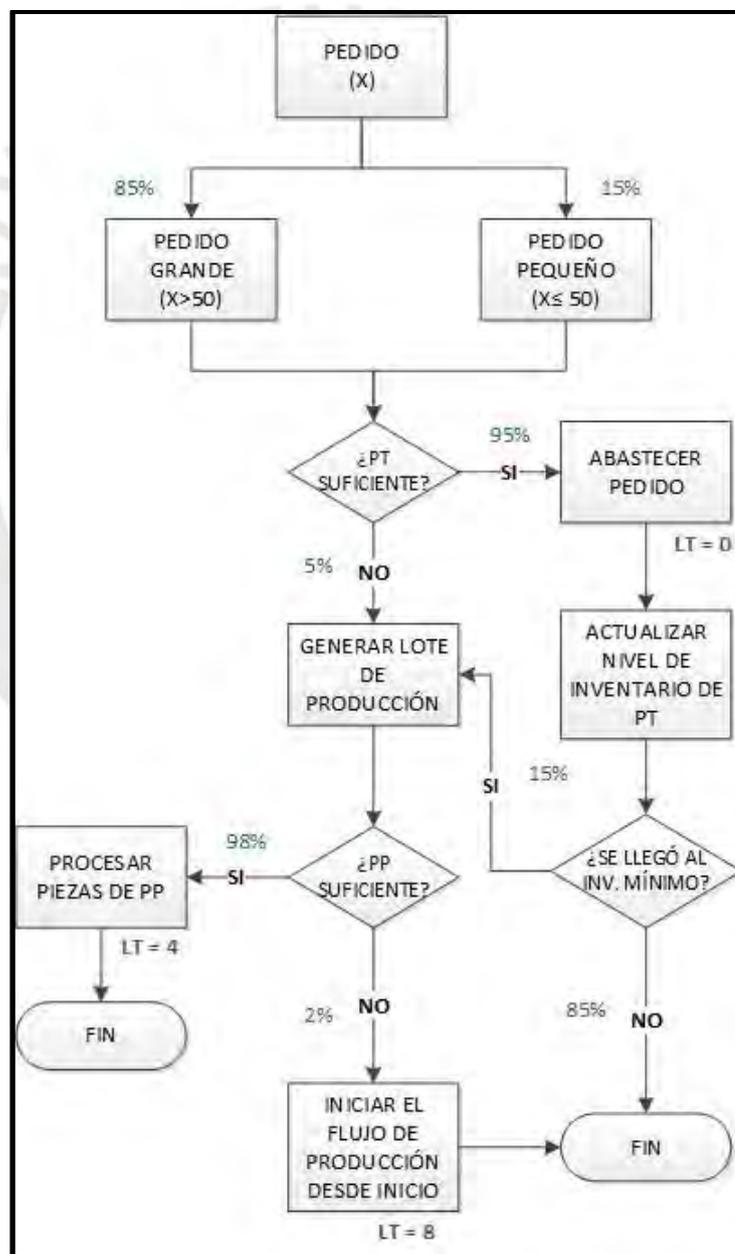


Figura 29: Flujograma del sistema de inventarios propuesto

Al momento de atender un pedido en el nuevo sistema de gestión de inventarios, la cantidad solicitada no afectará a la manera de atender una orden. Si el pedido es categorizado como grande o pequeño, se atenderán ambos pedidos desde el inventario de productos terminados. Si el inventario disponible de productos terminados es menor al punto de pedido o el pedido supera la cantidad disponible en almacén, se generará una orden de lote de producción. Antes de iniciar la orden de producción, se consultará el inventario de productos en proceso con el fin de terminar de fabricar las piezas restantes. En caso no se tengan productos en proceso, se iniciará la orden de producción desde el inicio.

Cuando inicia la orden de producción, la cantidad de productos a fabricar no coincidirá necesariamente con la cantidad ordenada, ya que se intentará aprovechar todo el contenido del envase del poliuretano líquido una vez abierto. Se sigue manejando un plazo de 3 días máximo para utilizar la materia prima envasada y así no perder sus propiedades como pieza.

Uno de los motivos principales por los cuales se piensa modificar el flujo de la gestión de inventarios se debe a que más del 50% de valorización de los inventarios se encuentran concentrados en los productos en proceso. Con la implementación de este flujo, se intenta que los inventarios de productos en proceso puedan abastecer los pedidos grandes. Anteriormente, los pedidos grandes eran manejados como una orden de producción desde el comienzo y no se tomaba en cuenta los inventarios de productos en proceso. Con la nueva propuesta, su participación será mayor al atender los pedidos y mejorará la comunicación al llevar un recuento y/o estado de las piezas que se encuentran en proceso de producción. De esta manera, se reducirá considerablemente el tamaño de inventario de productos en proceso y se logrará tener una mayor rotación del inventario.

Para que el nuevo flujograma tenga éxito, se necesita contar con una herramienta de pronósticos capaz de mantener las órdenes de los pedidos atendidos de la mejor manera posible. Además, se necesita contar con un monitoreo continuo de los inventarios con el apoyo de la implementación del código de barras. Por otro lado, se necesita contar con nuevos parámetros de inventarios, debido al cambio de la estructura y mecanismo de atención de pedidos.

3.2.2 Parámetros del sistema propuesto de productos terminados

Según la demanda estimada y la reestructuración del flujo, los parámetros fueron actualizados con el objetivo de mejorar el manejo de los inventarios y corregir

aquellos parámetros que no fueron estimados adecuadamente. Seguidamente, se presentarán los nuevos parámetros del sistema propuesto.

Stock de Seguridad (IS)

Se estimará un nivel de stock de seguridad para el sistema debido a que no se tiene definido actualmente.

Paso 1: Cálculo de la desviación media pronosticada

Debido a que las demandas son estacionales, la relación entre la media y la varianza permanecerán constantes en el tiempo.

$$\frac{\sigma_H = 9.91}{\mu_H = 80.21} = \frac{\sigma_P}{\mu_P = 76.25}$$

$$\sigma_P = 9.42$$

La desviación estándar de la demanda pronosticada es igual a 9.42 retenes semanales.

Paso 2: Cálculo del Nivel de Servicio (K)

$$\text{Costo de faltantes} = \text{Precio Venta} - \text{Costo Producto} = 13 - 9 = \$4$$

$$\text{Costo de excedentes} = \text{Costo Producto} - \text{Valor Salvamento} = 9 - 8.5 = \$0.5$$

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Costo de faltantes}}{\text{Costo de faltantes} + \text{Costo de excedentes}} = \frac{4}{4 + 0.5} = 88.89\%$$

El nivel de servicio calculado es 88.89%

Paso 3: Estimación del *lead time* (LT) mostrada en la figura 30

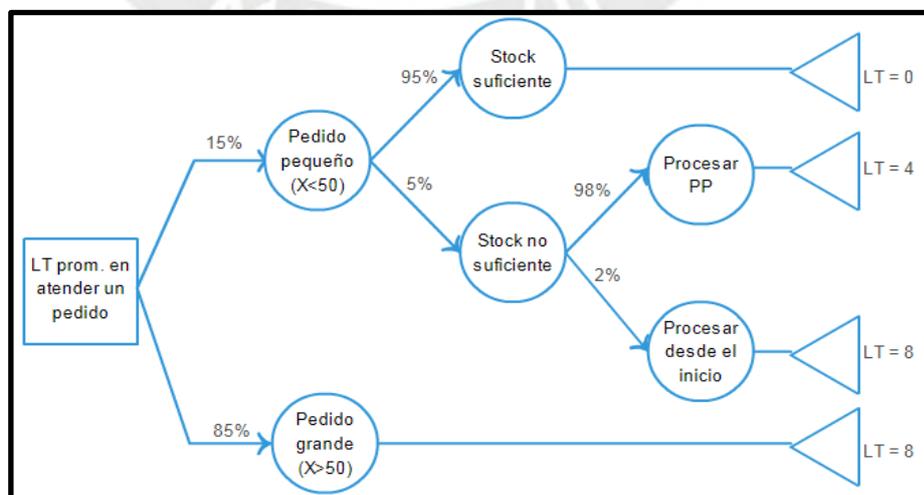


Figura 30: Diagrama de árbol del tiempo promedio en atender un pedido

$$LT_{prom} = 0 + 4 * 98\% * 5\% * 15\% + 8 * 2\% * 5\% * 15\% + 8 * 85\%$$

$$LT_{prom} = 6.83 \text{ días} = 1.14 \text{ semanas}$$

Paso 4: Cálculo del Stock de Seguridad (IS)

Se está considerando despreciable la desviación del lead time debido a la falta de datos para estimar su valor. Por ello, la fórmula del stock de seguridad se abrevia de la siguiente manera:

$$IS = Z_k \times \sqrt{\sigma_d^2 \times LT + d^2 \times \sigma_l^2} = Z_k \times \sigma_d \times \sqrt{LT}$$

$$IS = Z_k \times \sigma_d \times \sqrt{LT_{prom}} = Z_k \times \sigma_p$$

Ahora, se procederá a calcular el IS:

$$IS = Z_k * \sigma_p = Z_{0.89} * 9.42 * \sqrt{1.14} = 1.22 * 9.42 * \sqrt{1.14} = 12.27 \cong 13$$

El nivel de stock de seguridad propuesto es 13 unidades de retenes.

Punto de pedido (R)

A continuación, se estimará un nuevo punto de pedido de acuerdo con el nuevo sistema propuesto.

$$R = d * LT_{prom} + IS = 13 * 6.83 + 12.27 = 101.06 \cong 102$$

El punto de pedido a considerar, para el reabastecimiento de retenes, es de 102 unidades.

Lote de producción promedio (EOQ*)

Para estimar el EOQ* primero se validará que las demandas en estudio sigan un comportamiento hacia una distribución normal. Luego de su verificación, se calculará la cantidad económica de pedido de los retenes para minimizar los costos de inventario del nuevo sistema de gestión de inventarios.

Primero, para conocer si la demanda de retenes sigue cierta distribución, se utilizará el gráfico de probabilidad con el fin de encontrar la distribución teórica que mejor se adapte a la demanda actual. Antes de la evaluación con el gráfico de probabilidad, se colocarán las demandas semanales en un histograma para tener una idea básica del comportamiento de los datos con el uso de Minitab, ver figura 31.

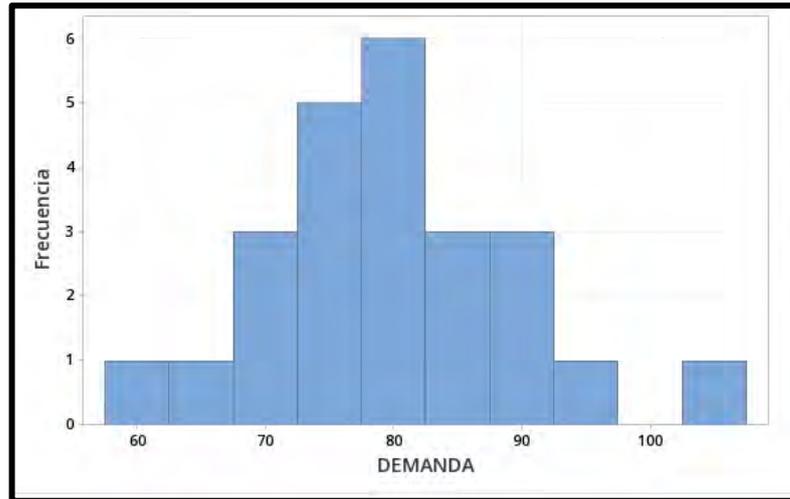


Figura 31: Histograma de la demanda

En la figura 31, se aprecia que los datos tienen una clara similitud con una distribución normal debido a que tiene una aparente forma de campana. Esta tendencia tomaría mayor fuerza si se ingresa una mayor cantidad de valores. Para verificar dicha similitud, se utilizará el gráfico de probabilidad aplicado hacia una distribución normal, ya que el histograma refleja una clara inclinación hacia esta distribución, ver figura 32.

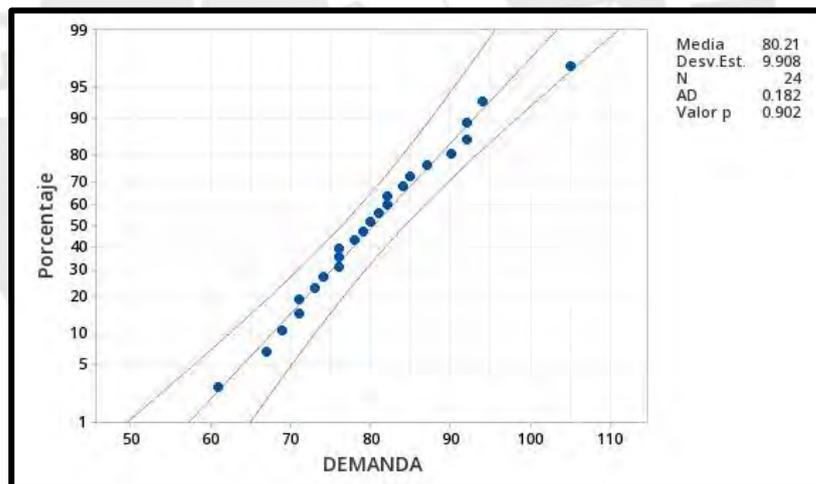


Figura 32: Gráfica de probabilidad de la demanda

A partir de la figura 32, se aprecia lo siguiente:

- Las 3 líneas que aparecen en la gráfica son los límites de la distribución normal teórica y los puntos azules representan los valores de las demandas semanales de retenes en estudio. Como las demandas semanales están dentro de los límites teóricos, se puede inferir que la distribución normal es un buen ajuste para la demanda.

- Comparando los valores AD (Prueba de Anderson-Darling), el cual mide la distancia entre los datos y la distribución teórica, se observa que su valor es pequeño. Ello indica que su ajuste hacia la distribución normal es buena.
- Analizando el resultado del Valor p con un nivel de significancia del 0.05, se puede inferir que hay una supuesta similitud hacia una distribución normal, ya que el valor p de la demanda está por encima del nivel de significancia.

A partir del análisis realizado, se puede concluir con una probabilidad del 95% que las demandas de retenes de poliuretano siguen un comportamiento de una distribución normal aplicando el gráfico de probabilidad en Minitab.

Ahora, se calculará la cantidad económica de pedido (EOQ), para conocer el valor óptimo que se debe producir.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 * 4056 * 12}{2.07}} = 216.90$$

Según la fórmula, la cantidad económica de pedido debe ser 217 unidades de retenes. Sin embargo, se debe tomar en cuenta ciertas restricciones para estimar el lote de producción (EOQ*). Seguidamente, en la tabla 30, se mostrará la comparación de indicadores para estimar el lote de producción.

Tabla 30: Comparación de indicadores para estimar el lote de producción

Restricciones	Capacidad (Retenes)	Indicador (EOQ = 217)	Indicador (EOQ* = 300)
MO-Acabado	76	2.86	3.95
MO-Cocción	100	2.17	3.00
MP-Poliuretano	165	1.32	1.82
Matrices	5	43.40	60.00

Al evaluar las limitaciones de los recursos, se determinó que el lote de producción (EOQ*) será de 300 unidades de retenes debido a que se debe aprovechar al máximo los recursos con los que se cuenta. Los indicadores del EOQ* reflejan una buena utilización de los recursos ya sea en mano de obra, materia prima y herramientas debido a que se aproximan a un cierre de ciclo.

El sobrante de la segunda lata del poliuretano líquido será destinado para la elaboración de otros modelos de piezas, pues también existe una gran rotación de estas. Por ello, es muy probable que el poliuretano líquido sobrante sea utilizado en menos de los tres días desde que se abre el cilindro sellado para evitar la alteración de las propiedades del producto final.

Validación del tamaño de lote EOQ*

Por último, se validará que el tamaño de lote de pedido debe mayor o igual que la diferencia entre el punto de pedido y el stock de seguridad.

$$EOQ^* \geq R - IS$$

$$300 \geq 102 - 13 \rightarrow (VERDADERO)$$

Se comprueba que el tamaño del lote es mayor que la diferencia; por lo tanto, el nuevo tamaño de lote propuesto es factible para ser usado en el nuevo sistema.

Se presenta, en la figura 33, la gráfica del sistema con los parámetros propuestos.

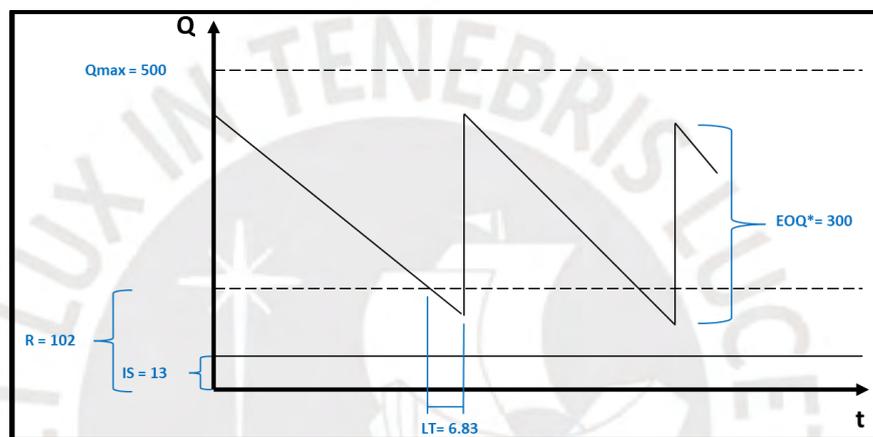


Figura 33: Propuesta del sistema de inventarios

3.3 5S's

Los beneficios de aplicar esta técnica son reducir los desperdicios y accidentes laborales, mejorar la productividad y generar compromiso de la organización. En la empresa, se han detectado áreas críticas donde se debe implementar las 5S's. En primer lugar, en los almacenes de materias primas y productos terminados, presentan gran desorden y acumulación de materiales no relacionados con la producción. En segundo lugar, en el área de moldeo/cocción, existe acumulación de objetos extraños y mermas que son un riesgo latente para mantener la calidad del producto. Finalmente, en el área de acabado, el cuello de botella presenta acumulación de desperdicios y productos en proceso que dificultan la labor del operario. Sin embargo, antes de la implementación de esta herramienta, se debe contar con el compromiso de los jefes para su puesta en marcha. A continuación, se desarrollarán brevemente las etapas.

- I. Seleccionar: Se removerán todos aquellos materiales que no estén relacionados con sus respectivas áreas. También aquellas herramientas, equipos y/o materiales

que ya no se usen por un prolongado tiempo, ya que ocupan espacio y representan dinero inmóvil sin uso.

- II. Ordenar: Se organizarán las materias primas y piezas en contenedores, los cuales tendrán etiquetas. Por otra parte, se hará una redistribución de la ubicación de los materiales y piezas dependiendo de la frecuencia de uso para evitar posturas inseguras y mejorar el acceso a estas.
- III. Limpiar: Los trabajadores identificarán los focos de suciedad a partir de realizar la limpieza de sus zonas de trabajo. Adicionalmente, se implementará un mantenimiento y limpieza rutinarios para evitar los accidentes de trabajo, evitar defectos en la calidad del producto y conservar los activos.
- IV. Estandarizar: Se implementarán manuales de procedimientos para estandarizar las labores en los procesos y actividades rutinarias que ayuden a mantener las etapas anteriores. También, se buscará implementar técnicas que ayuden a mantener el estándar logrado en los trabajadores como los controles visuales, *poka-yoke* y *Empowerment*. Más adelante, las técnicas de calidad mencionadas serán desarrolladas.
- V. Autodisciplina: Se realizarán auditorías periódicamente, las cuales serán realizadas por los mismos operarios en una zona diferente a su puesto de trabajo con la participación del jefe. Además, se realizarán talleres de reforzamiento y difusión de las 5S's para mantener la motivación y práctica de la técnica.

Para iniciar con la propuesta, los almacenes serán las áreas piloto, las cuales servirán como punto de partida para el despliegue al resto de la organización.

Como resultado, se espera obtener un aumento en la productividad, reducir los riesgos de accidentes laborales como caídas, cortes y golpes contra objetos. Además, ciertos problemas ergonómicos serán eliminados como las posturas inadecuadas y dolores puntuales en el cuerpo. Por el lado económico, se espera lograr la reducción del valor del inventario de por lo menos un 10%, ya que hay piezas que ya no se venden en el mercado. También, habrá reducción del valor de piezas defectuosas y ahorros en el mantenimiento de equipos y en ventas perdidas asociadas a las paradas de las máquinas. Respecto a la utilización de espacios, se tendrá un mejor traslado entre áreas, liberación de espacios y mejora en su delimitación. A continuación, en la tabla 31, se presenta el resumen de las mejoras en una escala de medición de 0 a 3, donde el 3 representa mayor impacto.

Tabla 31: Impacto de las 5'S por área de trabajo

Mejoras 5'S	Áreas					
	Almacén	Moldeado	Cocción	Acabado	Lavado	Empaq
Aumento de la Productividad		✓✓		✓✓✓		✓
Reducción de riesgos en accidentes laborales		✓✓	✓✓	✓✓✓		
Reducción de problemas ergonómicos	✓✓	✓✓		✓✓✓	✓	✓
Reducción de valor de inventarios	✓✓✓			✓		
Liberación de espacios físicos de trabajo	✓✓✓			✓		
Reducción de piezas defectuosas		✓✓		✓✓		
Ahorro en mantenimiento			✓✓	✓✓		
Disminución de paradas de máquinas			✓✓	✓✓		
Mejora en el traslado entre áreas	✓✓	✓		✓✓		✓✓
Delimitación de áreas de trabajo	✓✓✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓✓

Ahora, en la tabla 32, se presentará el plan detallado de responsables de implementación por cada actividad.

Tabla 32: Plan detallado de responsables en las etapas 5'S

Etapas	Actividad	Responsable
Preparación	Presentación del proyecto: Evaluación inicial problema y presentación de potenciales resultados	Ingeniero a cargo del proyecto y Jefe de Operaciones
	Valoración y aprobación del plan realizado por el área de operaciones	Gerente General
	Formar el equipo 5S	Jefe de Operaciones
	Seleccionar el líder 5S del equipo	Equipo 5'S
	Planificar y publicar el cronograma de actividades	Jefe de Operaciones
	Capacitación de las 5S's a los trabajadores	Ingeniero a cargo del proyecto
Clasificar (Seiri)	Realizar una lista de artículos de cada zona de trabajo	Líder 5'S
	Separar lo útil de lo inútil	Trabajadores y Equipo 5'S
	Determinar si se va a organizar, vender, tirar o reubicar cada artículo	Trabajadores y Equipo 5'S
Ordenar (Seiton)	Establecer la frecuencia de uso de cada objeto a organizar	Trabajadores y Equipo 5'S
	Establecer la ubicación de cada objeto	Equipo 5'S
	Etiquetar lugares	Equipo 5'S
Limpieza (Seiso)	Realizar una lista de las áreas que se van a limpiar	Líder 5'S
	Establecer limpieza diaria y crear cronograma de limpieza profunda	Equipo 5'S
	Asignar área de limpieza y materiales de limpieza	Equipo 5'S
	Limpiar cada área de trabajo y lugares comunes	Trabajadores
	Mitigar causas de suciedad	Equipo 5'S
Estandarización (Seiketsu)	Implementar señalización, manuales, procedimientos y normas de apoyo	Equipo y líder 5'S
	Publicar una evidencia visual de cómo se debe mantener el área de trabajo	Equipo 5'S
	Crear mapa de asignación de áreas	Líder 5'S
Disciplina (Shitsuke)	Definir y programar auditorias	Líder 5'S
	Evaluación final de los resultados de la auditoria	Líder 5'S
	Presentación de resultados	Líder 5'S
	Determinación de directrices del cumplimiento del programa	Líder 5'S

Notas:

- El ingeniero a cargo del proyecto es una persona externa quien participa en todos los procesos de implementación de las 5'S
- El jefe de operaciones asumirá el rol de líder 5'S

3.4 Uso de plantillas para la gestión de información

Actualmente, la empresa maneja un sistema de almacenamiento a través de papeles como único registro en ventas, precios y cotizaciones de algunos meses. Para atenuar este problema de falta de información y recolectar datos para obtener indicadores, se proponen plantillas para el monitoreo del sistema de producción y de la gestión de inventarios. Esta información será almacenada y guardada en archivos de Excel debido a que es la herramienta básica más usada. A continuación, se presentan los beneficios de las plantillas propuestas para el sistema de producción y la gestión de inventarios en las tablas 33 y 34.

Tabla 33: Plantillas para el sistema de producción

Plantilla	Beneficio
Toma de Tiempos	Permite conocer la eficiencia de los colaboradores Da a conocer los tiempos muertos o tiempos no productivos
Capacidad de Producción	Permite conocer el grado de uso de los recursos
Porcentaje de defectuosos	Se puede conocer el nivel de piezas defectuosas que se están perdiendo
Porcentaje de merma	Indica la proporción de insumos que se están perdiendo por su mal manejo
Porcentaje de reprocesos	Indica el grado de piezas que han sido nuevamente procesadas para que sean de primera clase

Tabla 34: Plantillas para la gestión de inventarios

Plantilla	Beneficio
Registro de ventas semanales por producto	Da a conocer el historial de ventas
Rotación	Conocer el número de veces en el que se vende los retenes en un periodo de tiempo determinado
Inventario promedio	Permite conocer el tamaño y valor de inventarios
Porcentaje de ventas perdidas	Conocer la proporción de ventas que no se han realizado por falta de capacidad o materia prima

Las plantillas podrán ser visualizadas desde el anexo 23 hasta el anexo 30.

3.5 Uso del Poka-Yoke

La implementación de esta herramienta se centrará en dos procesos principalmente: el proceso de acabado y el de moldeado.

Acabado: Hasta la fecha, el operario realiza el mantenimiento correctivo del torno, es decir, cuando la cuchilla de la máquina causa fallas al realizar el acabado de las piezas. Para el caso del producto estudiado, se propone utilizar recipientes que puedan contener 35 piezas, ya que esta es la capacidad específica para realizar un mantenimiento preventivo de la cuchilla. El operario deberá afilar la cuchilla de la máquina cada vez que termine de realizar el acabado de las piezas que se encuentran dentro del recipiente. El recipiente tendrá un diseño que le permita contener 7 filas por 5 columnas en donde cada espacio tendrá su propia delimitación. A medida que se requieran, se retirarán las piezas ya elaboradas, las cuales no serán repuestas por el operario, con el fin de alcanzar las 35 piezas para su posterior mantenimiento de la cuchilla. De esta manera, el tiempo promedio en las paradas de máquina por falla disminuirá.

Moldeado: Actualmente, realizan la mezcla utilizando un solo envase, para ello el trabajador con experiencia vierte las cantidades necesarias de los materiales con ayuda de un medidor. Se sugiere utilizar diferentes envases y utensilios exclusivos para cada ingrediente y fijar uno exclusivamente para la mezcla. Cada envase debe tener marcado la cantidad a requerir de los 3 o 4 productos más vendidos con diferentes colores. El fin de la implementación es asegurar la calidad del producto en cuanto a las proporciones de cada ingrediente. Además, asegura la continuidad de la operación en caso de ausencia del trabajador experimentado. Adicionalmente, disminuye el tiempo de la operación de mezclado para los productos más vendidos.

A continuación, en la tabla 35, se presenta el resumen de las mejoras

Tabla 35: Aportes del Poka Yoke por área de trabajo

Área	Aporte
Acabado	Disminución de paradas de máquina
	Disminución de reprocesos
	Disminución de productos defectuosos
	Disminución de productos de segunda clase
Moldeado	Asegurar la continuidad de la operación
	Mejora en la calidad de las piezas
	Disminución de las mermas
	Disminuye el tiempo de operación

3.6 Flexibilidad al cambio de funciones

Es importante que los trabajadores deban conocer no solo sus funciones sino también las de otro empleado en caso el trabajador especializado esté ausente. Se debería considerar la programación de capacitaciones para sus colaboradores, con el fin de buscar la polivalencia dentro de la empresa. Con ello, se reducen los retrasos de entrega debido a la ausencia de algún trabajador en su puesto de trabajo.

En base a la presentación de las herramientas de mejora, se muestra la tabla 36 para conocer sus principales aportes en cada área de trabajo.

Tabla 36: Principales aportes de las herramientas en la fabricación de los retenes de poliuretano

ALMACEN	5S's: Mejorar el orden de las ubicaciones de las materias primas Lograr una adecuada clasificación según rotación de las materias primas Plantillas: Conocer el comportamiento de uso de las materias primas
MOLDEADO	5S's: Mejorar la limpieza del área de trabajo Conseguir un adecuado orden de los instrumentos según su uso y tipo Plantillas: Obtener los tiempos muertos en el moldeado de las piezas Poka-Yoke: Asegurar la calidad del producto y aumentar la velocidad de su fabricación
COCCION	5S's: Mejorar la limpieza constante del horno en cada ciclo del proceso. Plantillas: Conocer la cantidad promedio de piezas defectuosas por ciclo
ACABADO	5S's: Lograr una adecuada reubicación de los instrumentos a utilizar Incrementar la limpieza constante Plantillas: Conseguir ratios del tiempo de operación, tiempos muertos y reprocesos Poka-Yoke: Brindar un mantenimiento preventivo adecuado para asegurar el acabado del producto

LAVADO	<p>Plantillas: Permite maximizar la eficiencia de los colaboradores, estandarizando los tiempos Reduce tiempos muertos identificando sus causas.</p>
EMPAQUETADO	<p>5S's: Clasificación de las piezas según la rotación de los productos. Plantillas: Levantar información relacionada a la rotación.</p>

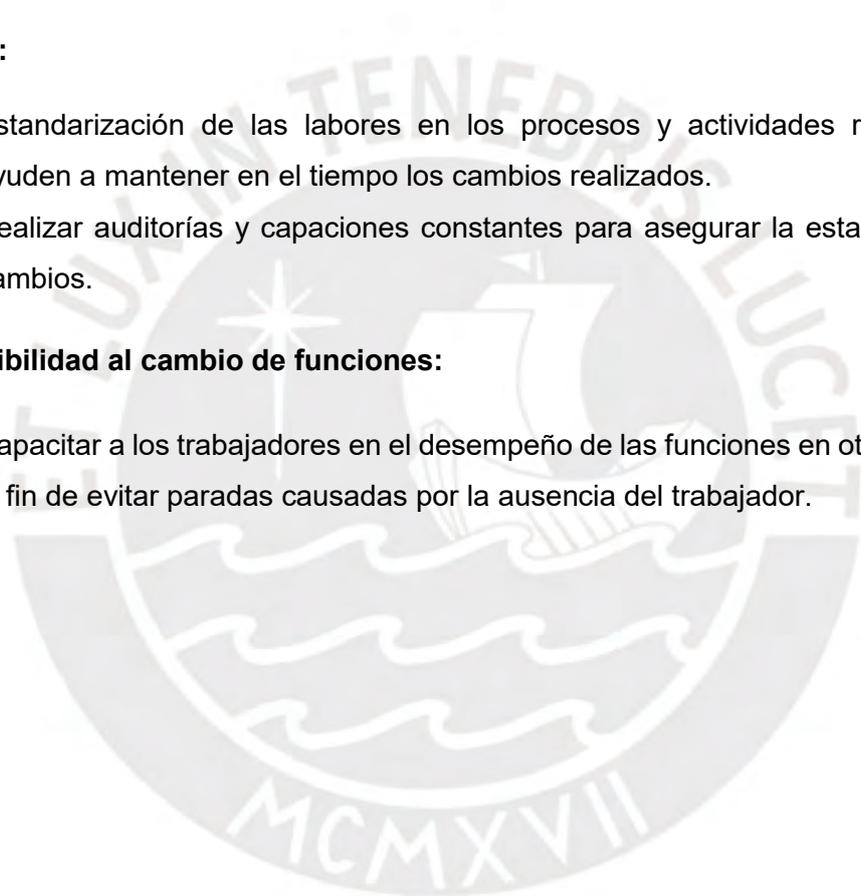
Por último, se muestra la aplicación de las siguientes herramientas para todas las áreas.

5S's:

- Estandarización de las labores en los procesos y actividades rutinarias que ayuden a mantener en el tiempo los cambios realizados.
- Realizar auditorías y capacitaciones constantes para asegurar la estabilidad de los cambios.

Flexibilidad al cambio de funciones:

- Capacitar a los trabajadores en el desempeño de las funciones en otras áreas con el fin de evitar paradas causadas por la ausencia del trabajador.



CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el anterior capítulo, la principal propuesta consistió en encontrar un método de pronóstico apropiado, rediseñar el flujograma del sistema de gestión de inventarios de productos en proceso y establecer nuevos parámetros. Además, se propuso la implementación de herramientas adicionales que ayuden a reforzar el sistema de producción, de información y de inventarios en general. A partir de estas propuestas, se analizará la viabilidad económica.

En este capítulo, se analizará la viabilidad económica de las propuestas de mejora mencionadas en el anterior capítulo. En primer lugar, se evaluó el sistema propuesto de gestión de inventarios. Se estimó el costo total anual del inventario de ciclo de productos terminados para el sistema actual y del propuesto para luego compararlos. Los resultados indicaron un ligero aumento en costos en el sistema propuesto. Este resultado fue predecible, ya que la propuesta se enfoca en disminuir los niveles de productos en proceso, mas no de productos terminados. En segundo lugar, se evaluó los niveles de inventarios de productos en proceso a partir de simulaciones de una venta típica referencial con el fin de estimar la valorización de productos en proceso. En este caso, comparando el sistema actual y propuesto, se tiene una drástica disminución global del costo de productos en proceso. Por último, se evaluó la factibilidad económica de las herramientas propuestas. Para ello, se estimó la inversión total de las propuestas de mejora. Luego, se identificó los ahorros e ingresos adicionales generados por las propuestas. Una vez conocidos los ingresos y egresos, se procedió a realizar el flujo de caja del proyecto y, posteriormente, analizar la viabilidad del proyecto.

4.1 Evaluación de la propuesta del sistema de gestión de inventarios de los productos terminados

En este primer punto, se procederá a estimar cada parte del costo total anual de ciclo del sistema de gestión de inventarios actual y propuesto a partir del cálculo del costo de mantener inventario y costo de ordenar. Comparando estos resultados, se evidenció un ligero aumento en el costo total del sistema, pero, en el siguiente capítulo, afectará drásticamente en el costo de mantener productos en proceso.

4.1.1 Costo total anual del inventario de ciclo para el sistema actual de productos terminados

En este punto, se estimará los costos que generan al almacenar volúmenes de inventarios de productos terminados. Para ello, se calculará el costo total anual del inventario de ciclo a partir de lo siguiente:

$$\text{Costo total} = \text{costo anual de mantener} + \text{costo anual de ordenar}$$

$$CT = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times S$$

Según la Superintendencia de Banca y Seguros (SBS), la tasa de interés promedio anual para todos los bancos fijada en pequeñas empresas es de 22.99% en moneda nacional. Esta tasa se tomará como referencia para estimar la financiación de poseer un almacén. El dinero de este préstamo será destinado exclusivamente para el alquiler del almacén de inventarios en caso se decida migrar a un local externo. Se asume que las ganancias de la empresa serán destinadas para la compra de materia prima, maquinarias, herramientas, equipos, entre otros, excepto para mantener el inventario por ser un costo hundido.

Costo anual de mantener:

$$\frac{Q}{2} \times H = \frac{Q}{2} \times i \times c = \frac{250}{2} * 22.99\% * 29.7 = s/ 853.50$$

El costo anual actual de mantener el inventario es de aproximadamente 853.50 soles.

Costo anual de ordenar:

$$\frac{D}{Q} \times S = \frac{4056}{250} * 39.6 = s/ 642.47$$

El costo anual actual de ordenar es de aproximadamente 642.47 soles.

Costo total:

$$CT = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times S = 853.50 + 642.47 = s/ 1,495.97$$

El costo total anual del inventario de ciclo es de aproximadamente 1,495.97 soles para productos terminados.

4.1.2 Costo total anual del inventario de ciclo para el sistema propuesto de productos terminados

A continuación, se estimarán los costos del nuevo sistema propuesto que se generan al almacenar volúmenes de inventarios. Para ello, se volverá a calcular el costo total anual del inventario de ciclo.

$$\text{Costo total} = \text{costo anual de mantener} + \text{costo anual de ordenar}$$

Costo anual de mantener:

$$\frac{Q}{2} \times H = \frac{Q}{2} \times i \times c = \frac{300}{2} * 22.99\% * 29.7 = s/ 1,024.20$$

El costo anual propuesto de mantener el inventario es de aproximadamente 1,024.20 soles.

Costo anual de ordenar:

$$\frac{D}{Q} \times S = \frac{4056}{300} * 39.6 = s/ 535.39$$

El costo anual propuesto de ordenar es de aproximadamente 535.39 soles.

Costo total:

$$CT = \frac{Q}{2} \times H + \frac{D}{Q} \times S = 1,024.20 + 535.39 = s/ 1,559.60$$

El costo total anual del inventario de ciclo propuesto es de aproximadamente 1,559.60 soles para productos terminados.

4.1.3 Comparación del costo total anual del inventario de ciclo de productos terminados

A continuación, en la tabla 37, se realizará la comparación de los costos luego de haber calculado los parámetros del sistema actual y del sistema propuesto.

Tabla 37: Comparación de costos del sistema actual y propuesto de productos terminados

Tipo de costo	Sistema Actual	Sistema Propuesto
Mantener	S/ 853.50	S/ 1,024.20
Ordenar	S/ 642.47	S/ 535.39
Costo Total (S/)	S/ 1,495.97	S/ 1,559.60

De acuerdo con la tabla 37, se muestra que los costos de productos terminados han aumentado ligeramente. Esto se debe a que el lote de producción se incrementó, ya

que el nuevo sistema de gestión de inventarios busca atender todos los pedidos a partir del almacén. El objetivo de la propuesta es disminuir los niveles de productos en proceso, mas no de productos terminados.

4.2 Evaluación de la propuesta del sistema de gestión de inventarios de los productos en proceso

Continuando con la estimación de costos, se propuso realizar una simulación para estimar la cantidad final que puede haber de productos en proceso en cada proceso y su respectiva valorización monetaria. Para el sistema actual y propuesto, se siguió el flujograma de cada uno y se respetó sus respectivos parámetros. Finalmente, al comparar sus costos se comprobó que existe un notable ahorro de dinero si se usa el sistema propuesto.

4.2.1 Costo del inventario de productos en proceso para el sistema actual

Para estimar el costo del nivel de inventarios, se realizó una simulación del flujo de atención de pedidos semanalmente en el mes de marzo con la demanda real y la primera semana del mes de abril que ha sido pronosticada. Al momento de la simulación, se consideró la clasificación del tipo de pedido, ya que para cantidades mayores a 50 unidades son mandados a procesar desde el inicio. En cambio, las cantidades menores a 50 unidades son abastecidas a partir del stock que maneja la empresa.

Se tuvo que ampliar la simulación hasta la primera semana del mes de abril, ya que en el mes de marzo no se produjo una reposición de inventario. A continuación, en la tabla 38, se presentan las demandas tanto del pedido grande como del pequeño.

Tabla 38: Tipo de pedido y su demanda semanal del sistema actual

Demanda real semanal (und)	Marzo				Abril
	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem5
Total	76	85	71	61	68
Pedido Grande	60	55	60	50	55
Pedido Pequeño	16	30	11	11	13

Los pedidos pequeños han sido agrupados por semana para realizar la simulación. Por el lado de los pedidos grandes, se tomaron cantidades de ventas reales. A continuación, se presenta la tabla resumen de la demanda semanal en la tabla 39.

Tabla 39: Simulación de los requerimientos de pedidos pequeños para el sistema actual

Productos Terminados (und)	Marzo				Abril
	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem5
Requerimiento Bruto	16	30	11	11	13
Recepciones Planeadas					
Inventario a la Mano	109	79	68	57	294
Ordenes Planeadas					250
Lanzamiento de Orden				250	

Luego de realizado la simulación, se estimó la cantidad promedio que queda en el almacén de productos en proceso y el costo que representa cada grupo de estos dependiendo en que operación se encuentren los cuales se muestran en la tabla 40.

Tabla 40: Cantidad promedio final por operación de productos en proceso del sistema actual

Operación	Cantidad (und)	Costo promedio
Moldeado	-	S/ -
Cocción	-	S/ -
Acabado	210	S/ 5,193.11
Lavado	97	S/ 2,636.53
Empaquetado	149	S/ 4,419.23
Total	456	S/ 12,248.87

Para ver la simulación completa, se sugiere ver el anexo 32.

4.2.2 Costo del inventario de productos en proceso para el sistema propuesto

Para el caso del sistema de gestión de inventarios propuesto, se realizó la misma simulación del flujo de atención de pedidos semanalmente en el mes de marzo con la demanda real y la primera semana del mes de abril que ha sido pronosticada. Al momento de la simulación, la demanda semanal total fue abastecida a partir del stock de productos terminados y de los productos en proceso. En este sistema propuesto, no se hace distinción entre los pedidos grandes y pequeños, ya que ambos pasan por el mismo flujo de atención. Se tuvo que ampliar la simulación hasta la primera semana del mes de abril para que tenga el mismo periodo de tiempo y así se pueda comparar con el sistema actual. A continuación, en la tabla 41, se presentan las demandas por semanas

Tabla 41: Pedido total por semana del sistema propuesto de productos en proceso

Semanas	S1	S2	S3	S4	S5
Pedido	76	85	71	61	68

A continuación, en la tabla 42, se presenta la tabla resumen de la demanda semanal.

Tabla 42: Simulación de requerimientos para el sistema propuesto

	Febrero	Marzo				Abril
Productos Terminados (UND)	Sem0	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem5
Requerimiento Bruto		76	85	71	61	68
Recepciones Planeadas						
Inventario a la mano		387	302	231	170	402
Ordenes Planeadas		300				300
Lanzamiento de orden	300				300	

Luego de realizado la simulación, se estimó la cantidad promedio que queda en el almacén de productos en proceso y el costo que representa cada grupo de estos dependiendo en que operación se encuentren los cuales se presentan en la tabla 43.

Tabla 43: Cantidad promedio final por operación de productos en proceso del sistema propuesto

Operación	Cantidad (UND)	Costo promedio
Moldeado	-	S/ -
Cocción	-	S/ -
Acabado	153	S/ 3,780.70
Lavado	9	S/ 252.28
Empaquetado	9	S/ 267.29
Total	171	S/ 4,300.27

Para ver la simulación completa, revisar el anexo 33

4.2.3 Comparación de los costos del inventario de productos en proceso

A continuación, se realizará la comparación de los costos luego de haber realizado la simulación entre el sistema actual y el sistema propuesto con el fin de analizar la viabilidad. Para realizar la simulación, se asume que el reabastecimiento de materia prima se sigue realizando con la misma frecuencia. Por ello, se mantiene el mismo valor de inversión en ambas tablas mostradas a continuación en las tablas 44 y 45.

Tabla 44: Inversión y porcentaje relativo por tipo de inventario del sistema actual

Tipo de Inventario	Cantidad	Inversión	Porcentaje
Materia prima	-	S/ 3,433.90	17.70%
Primaria	-	S/ 2,748.90	14.17%
Secundaria	-	S/ 685.00	3.53%
Producto en proceso	456	S/ 12,248.867	63.15%
Producto terminado	125	S/ 3,712.50	19.14%
Total		S/ 19,395.27	100.00%

Tabla 45: Inversión y porcentaje relativo por tipo de inventario del sistema propuesto

Tipo de inventario	Cantidad	Inversión	Porcentaje
Materia prima	-	S/ 3,433.90	27.31%
Primaria	-	S/ 2,748.90	21.86%
Secundaria	-	S/ 685.00	5.45%
Producto en proceso	171	S/ 4,300.27	34.20%
Producto terminado	163	S/ 4,841.10	38.50%
Total		S/ 12,575.27	100.00%

De acuerdo con las dos tablas presentadas anteriormente, se evidencia que la cantidad de productos en proceso ha disminuido significativamente. Esto se refleja en la valorización monetaria de este tipo de inventario. Adicionalmente, el porcentaje relativo que representa el conjunto de productos en proceso con respecto al resto de inventarios también ha decaído considerablemente. Para tener una mejor visualización de los cambios en los costos, se presenta la tabla 46.

Tabla 46: Comparación del costo relativo anual del sistema actual y propuesto de productos en proceso

Operación	Costo promedio actual	Costo promedio propuesto
Moldeado	S/ -	S/ -
Cocción	S/ -	S/ -
Acabado	S/ 5,193.11	S/ 3,780.70
Lavado	S/ 2,636.53	S/ 252.28
Empaquetado	S/ 4,419.23	S/ 267.29
Total	S/ 12,248.87	S/ 4,300.27

El costo promedio de inventarios de cada operación también ha tenido una significativa disminución en más del 60% de su valor actual en el mejor escenario. Por lo tanto, se demuestra que esta propuesta de mejora de gestión de inventarios está enfocada en reducir los niveles de productos en proceso.

4.3 Costos de implementación de las propuestas de mejora

En este punto se detallarán los diferentes costos de implementación de las propuestas de mejora mencionadas en los puntos anteriores. A continuación, en la tabla 47, se detallan los costos por cada propuesta implementada.

Tabla 47: Costos de implementación por cada propuesta de mejora

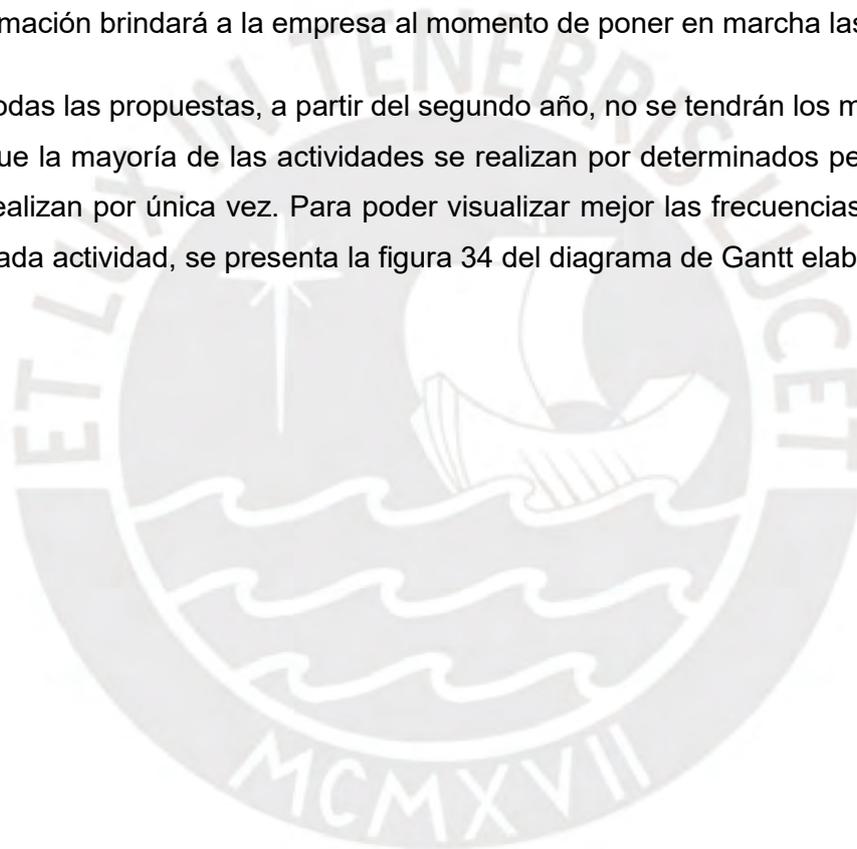
Herramienta	Actividad	Costo	Cantidad	Hora	Frecuencia	Anual
Sistema de gestión de inventarios de PP y PT	Capacitación al personal el nuevo flujo de gestión de inventarios	S/ 1,096.51	1	2	Anual	S/ 1,096.51
	Auditorías para asegurar la continuidad - Primera vez	S/ 92.37	2	1	Mensual (8 Meses)	S/ 1,477.89
	Auditorías para asegurar la continuidad - Continuo	S/ 92.37	2	1	Cada 4 Meses (Desde año 2)	S/ 554.21
	Dispositivos para el control de inventarios	S/ 15,178.57	1		Único	S/15,178.57
	Diseño e Instalación de Mini Racks	S/ 9,931.21	2		Único	S/ 9,931.21
5S's	Capacitación al personal sobre uso de 5S	S/ 2,193.02	4	4	Mensual (8 Meses)	S/70,176.71
	Reforzamiento de charlas especializadas 5S	S/ 750.00	1	3	Anual (desde año 2)	S/ 750.00
	Programa de las charlas especializadas de 5S	S/ 1,200.00	4	4	Mensual (8 Meses)	S/38,400.00
	Reforzamiento al personal sobre el uso de 5S	S/ 1,233.57	1	3	Anual (desde año 2)	S/ 1,233.57
	Auditorías para asegurar la continuidad	S/ 184.74	1	2	2 x Semana (3 meses) 1 x Semana (4 meses) 1 x Mes (5 meses)	S/ 8,313.16
	Auditorías para asegurar la continuidad - Reforzamiento	S/ 184.74	1	2	1 x Cada 3 meses (Desde año 2)	S/ 738.95
	Anuncios de las 5S	S/ 2.00	8		Mensual	S/ 192.00
	Materiales de aseo	S/ 159.60	1		Mensual	S/ 2,232.20
	Tachos de basura	S/ 39.90	4		Anual	S/ 159.60
	Contenedores portátiles de PP	S/ 10.00	6		Anual	S/ 60.00
	Etiquetas	S/ 5.00	4		Bimestral	S/ 120.00
	Recipientes de almacén de herramientas y PT	S/ 30.00	80		Único	S/ 2,400.00
	Acondicionamiento de Sección 5S	S/ 8,862.57			Único	S/ 8,862.57
Plantillas	Capacitación al personal sobre uso de Plantillas	S/ 1,096.51	1	2	Anual	S/ 1,096.51
	Auditorías para asegurar la continuidad y registro	S/ 138.55	1	1.5	Quincenal	S/ 3,602.37
	Materiales de registro	S/ 360.00	1		Anual	S/ 360.00
Poka-Yoke	Capacitación al personal sobre uso de Poka-Yoke	S/ 517.27	1	2	Anual	S/ 517.27
	Recipientes para medición de mezclas	S/ 10.00	3		Semestral	S/ 60.00
	Contenedores para traslado de retenes	S/ 30.00	2		Anual	S/ 60.00
	Inspección de uso de los elementos - Primera vez	S/ 46.18	1	0.5	Semanal (4 meses) Cada 2 meses	S/ 923.68
	Inspección de uso de los elementos - Continuo	S/ 46.18	1	0.5	Cada 2 meses	S/ 277.11
	Mesa de metal personalizada	S/ 1,000.00			Único	S/ 1,000.00
	Instalación de gas natural	S/ 1,053.00			Único	S/ 1,053.00
Consumo de gas natural	S/ 36.30			Mensual	S/ 435.60	
Polivalencia (Flexibilidad)	Capacitación al personal y Simulación de actividades	S/ 6,981.16	20	37	Anual	S/ 6,981.16

Para mayor detalle en la estimación de los costos, ver los anexos 34 y 35

En el cuadro anterior se evidencia que la mayor parte de la inversión recae en la implementación de las 5S's debido a que tiene un periodo de implementación más prolongado y al mismo tiempo demanda la participación de todas las áreas.

En el caso del sistema de información, no se tiene segmentado este costo debido a que se encuentra implícito en la mayoría de las propuestas dadas. Principalmente, las tres primeras propuestas de mejora mencionadas en la tabla anterior necesitan tener un buen sistema de información para que se puedan implementar en la compañía. Contar con un adecuado sistema de información, permite llevar un registro continuo de todos los inventarios y monitorear constantemente las operaciones en tiempo real. Por ello, es importante resaltar el aporte que el nuevo sistema de información brindará a la empresa al momento de poner en marcha las mejoras.

En todas las propuestas, a partir del segundo año, no se tendrán los mismos costos, ya que la mayoría de las actividades se realizan por determinados periodos y otras se realizan por única vez. Para poder visualizar mejor las frecuencias y duraciones de cada actividad, se presenta la figura 34 del diagrama de Gantt elaborado.



En la imagen anterior, se observa que el mayor control y seguimiento recae en la implementación de las 5S's, ya que involucra la participación de toda la compañía. También se evidencia que la mayoría de las actividades se concentran sólo en el primer año. En los años posteriores, sólo se realizan actividades de reposición de herramientas principalmente.

4.4 Ahorros e ingresos adicionales generados por la implementación de las propuestas de mejora

En el siguiente punto, se muestra los ahorros e ingresos adicionales generados por las propuestas de mejora mencionadas en el capítulo 3. Por un lado, se encuentran los ahorros que se dan por el uso eficiente de los recursos debido a la aplicación de las herramientas de mejora. Por otro lado, los ingresos adicionales son una consecuencia de haber modificado las técnicas de trabajo. Como consecuencia, generará el aumento de las ganancias debido al incremento del valor de las piezas vendidas.

4.4.1 Ahorros esperados por la implementación de las propuestas de mejora

Para una mejor visualización de los ahorros, se dividieron en cuatro partes. La división se realizó de acuerdo con la herramienta utilizada y la frecuencia de ahorro con el objetivo de obtener valores anuales.

En primero lugar, para el cálculo del uso eficiente de materia prima, se comparó la cantidad usada para un lote de producción del sistema actual con el propuesto. Se calculó la cantidad de materia prima ahorrada debido al eficiente uso de materia prima considerando el tiempo limitado de uso que tiene. La diferencia de ambos sistemas indica el ahorro generado en el uso eficiente de la materia prima que luego es convertido a valor monetario, es decir el costo de la materia prima ahorrado.

En segundo lugar, la disminución del nivel en los productos en proceso se estimó a partir de la simulación realizada en el capítulo 3 en donde se determinó los niveles de productos en proceso finales tanto en el sistema actual como en el propuesto. Debido a que ambos valores de inventarios son simulaciones, se consideró una parte del ahorro posible a obtener asumiendo un escenario pesimista. Por ello, sólo se consideró el 70% de los ahorros posibles a obtener, ya que los niveles de inventario de productos en proceso son valores cambiantes en el tiempo y son estimados a un plazo de 5 años.

En tercer lugar, se espera reducir la tercera parte de reprocesos actuales, equivalente a un 33.3%, con el aporte de las herramientas implementadas. Se estimaron las cantidades de piezas reprocesadas tanto del sistema actual como en el propuesto. La diferencia de estas piezas obtenidas representa las unidades que ya no serán reprocesadas. Posteriormente, la cantidad de piezas obtenidas fue convertida en valor monetario, es decir el costo de realizar reproceso, lo cual nos da el valor de recupero.

Por último, para estimar el valor en la disminución de mermas se tiene proyectado recuperar el 15% de materia prima considerado como merma con ayuda de las herramientas implementadas. Se estimaron las cantidades de mermas en el proceso de moldeo tanto en el sistema actual como en el propuesto. La diferencia de materia prima fue convertida en valor monetario, es decir el costo de la materia prima, lo cual nos da el valor de recupero de mermas.

A continuación, en la tabla 48, se muestra los detalles de los ahorros significativos que aporta cada herramienta a la mejora de la compañía.

Tabla 48: Ahorros estimados según cada propuesta de mejora

Herramientas	Detalles	Total Mensual	Total Anual
Sistema de gestión de inventarios de Productos PP y PT	Uso eficiente de Materia Prima (Poliuretano)	S/ 339.57	S/ 4,074.84
	Disminución del nivel de productos en proceso	S/ 4,729.41	S/ 56,752.95
5S y Poka-Yoke	Disminución de reprocesos (moldeo - acabado)	S/ 538.96	S/ 6,467.48
Poka-Yoke	Disminución de las mermas (Moldeo)	S/ 146.15	S/ 1,753.84
			S/ 69,049.11

En los anexos 36,37 y 38, se podrá ver el detalle de la estimación de los ahorros.

En el cuadro anterior, se evidencia que el mayor ahorro generado se encuentra en la disminución de la valorización del nivel de productos en proceso. Como resultado de esta disminución, la compañía podrá disponer de este capital para utilizarlo en otros fines que necesite.

El uso de las plantillas no se encuentra en el cuadro de ahorros, ya que su implementación tiene como finalidad mejorar el sistema de información. Esta herramienta provee una base actualizada que permita tomar acciones en futuras mejoras.

Los ahorros generados por las herramientas de Poka-Yoke y 5S's son progresivas en el tiempo, ya que tienen una etapa inicial de implementación en donde no se tendrán ahorros en una parte del primer año. Del segundo año en adelante, los ahorros serán más estables, ya que la etapa de implementación sólo se da en el primer año. Por ello, existe la diferencia en el ahorro estimado entre el año 1 y los años siguientes.

4.4.2 Ingresos adicionales como consecuencia de la implementación de las propuestas de mejora

Los ingresos adicionales son generados por la disminución de productos defectuosos. Su disminución generará que se tengan mayores productos de primera clase en vez de segunda. Las ganancias crecerán debido a la diferencia de precios por el tipo de pieza considerando a la de primera clase como la de mayor ingreso. A continuación, en la tabla 49, se muestra los detalles del ingreso adicional.

Tabla 49: Ingresos adicionales producto de las propuestas de mejora

Herramientas	Detalles	Total Mensual	Total Anual
5S y Poka-Yoke	Disminución de reprocesos (moldeado - acabado)	S/ 538.96	S/ 6,467.48

Al igual que en los ahorros generados, los ingresos adicionales producto de las herramientas de Poka-Yoke y 5S's son progresivas en el tiempo. Tienen una etapa inicial de implementación en donde no se tendrán cambios notorios en una parte del primer año. Por ello, existe la diferencia en los ingresos adicionales entre el primer año y los años siguientes.

4.5 Flujo de caja del proyecto

En este punto, se evaluará la viabilidad de las herramientas propuestas como mejora. Para ello, analizaremos los indicadores de Tasas Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) que saldrán como producto del análisis económico realizado.

Los ingresos considerados son de dos tipos. Por una parte, los ahorros que se dan por el uso eficiente de los recursos son producto de haber aplicado las herramientas de mejora. En cambio, los ingresos adicionales son una consecuencia de haber modificado las técnicas de trabajo. Esto generará el aumento de las ganancias debido al incremento del valor de las piezas vendidas. Los detalles de los ingresos considerados fueron detallados en las tablas 48 y 49.

Los egresos son básicamente todos costos de implementación de las herramientas propuestas. Principalmente, la mayor parte de la inversión se dará dentro del año 1.

En cambio, la inversión será menor y constante a partir del año 2 en adelante. La diferencia en la inversión recae en los costos de instalación, equipamiento e implementación de herramientas en el primer año. Pasado este periodo, la inversión recae sólo en costos para mantener la continuidad de las herramientas y algunos otros que permanecen en el tiempo. Los detalles de los egresos considerados fueron detallados en la tabla 47.

A continuación, en la tabla 50, se muestra el flujo de caja para los 5 primeros años del proyecto calculado a partir de los ingresos y egresos proyectados.

Tabla 50: Flujo de caja proyectado

	Año					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos	S/ -	S/ 72,592.50	S/ 76,514.07	S/ 76,514.07	S/ 76,514.07	S/ 76,514.07
Ahorro	S/ -	S/ 66,993.78	S/ 69,049.11	S/ 69,049.11	S/ 69,049.11	S/ 69,049.11
Adicional	S/ -	S/ 5,598.72	S/ 7,464.96	S/ 7,464.96	S/ 7,464.96	S/ 7,464.96
Egresos	S/ 38,425.35	S/ 136,264.67	S/ 20,527.06	S/ 20,527.06	S/ 20,527.06	S/ 20,527.06
Costo	S/ 38,425.35	S/ 136,264.67	S/ 20,527.06	S/ 20,527.06	S/ 20,527.06	S/ 20,527.06
Resultado	-S/ 38,425.35	-S/ 63,672.17	S/ 55,987.01	S/ 55,987.01	S/ 55,987.01	S/ 55,987.01

El resultado evidencia que tanto el año 0, momento en que se inicia la implementación del proyecto, como el año 1 no es favorable, pero estos escenarios cambian a partir del segundo año en adelante.

Para la asignación del costo de oportunidad (COK), se consideró el cálculo del modelo de valorización de activos financieros (CAPM). Este indicador permite determinar la rentabilidad que se debe considerar al realizar alguna inversión en función al riesgo que se está asumiendo. Esta tasa será asumida como la tasa de referencia para realizar el análisis de viabilidad del proyecto.

El CAPM fue calculado a partir de varias fuentes. En el caso de la tasa de retorno sobre el activo libre de riesgo, se tomó como fuente los certificados de depósitos del Banco Central de Reserva del Perú del 2019 y 2020. Por otro lado, el coeficiente beta es la pendiente resultante de realizar la regresión de los rendimientos de la empresa contra los rendimientos de la cartera de mercado. Para este último, se consideró la inversión en exploración del sector minero según el boletín estadístico minero del ministerio de energía y minas del 2019. Respecto al retorno esperado sobre el portafolio de mercado se calculó a partir del promedio de los rendimientos de la cartera de mercado. Desde los anexos 39 al 43, se podrá visualizar a mayor detalle el cálculo del CAPM.

Para determinar la viabilidad de las herramientas implementadas, se analizarán los valores resultantes del TIR y el VAN. Considerando un COK igual a 24.71%, se

obtuvo una TIR de 33.41% y un VAN de S/17,078.99. Se determinó que los fondos de inversión no se obtendrán a partir de préstamos pues la empresa tiene la suficiente solvencia económica para cubrir el valor de la inversión. A continuación, en la tabla 50 se detallan los principales parámetros obtenidos luego del análisis de rentabilidad.

Tabla 50: Cuadro resumen de los resultados del análisis de rentabilidad

COK	24.71%
VAN	S/ 17,078.99
TIR	33.29%

En base a los resultados, la TIR obtenida es mayor al COK calculado, el cual evidencia que el proyecto es viable. Por otro lado, al tener un VAN de S/ 17,078.99 y ser mayor a cero refuerza que el proyecto es viable.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Actualmente, la empresa presenta deficiencias en su sistema de producción, gestión de inventarios e información. Para un adecuado estudio de estas problemáticas, se debe determinar aquellos productos que generan los mayores ingresos. A partir del análisis realizado, se determinó que el retén hecho a base de poliuretano conocido como *Pumping Seal* modelo HQ es aquel que tiene la mayor demanda y rentabilidad. Además, este producto pasa por la mayoría de las áreas de trabajo y, si se implementa alguna mejora, impactaría drásticamente en la mayoría de las áreas.
- Las proyecciones de las demandas futuras se realizan a partir de la experiencia de los pedidos. Según el análisis realizado, la demanda histórica del retén en estudio presenta un comportamiento estacional en los años 2018 y 2019. El método de pronósticos, estacional multiplicativo, propone estimar las demandas futuras a partir de datos históricos cuyo error resultante es de 8.8%. Con este método, se logra tener una mejor predicción de la demanda futura y planificar la producción a futuro.
- El flujo de inventarios tiene dos tipos de atenciones de pedidos, lo cual genera acumulación de inventarios que equivale a un alto valor de dinero inmovilizado. Se cambió el flujo con la finalidad de reducir principalmente los niveles de productos en proceso logrando una reducción del 62% en el inventario. Además, mejorará el control logístico e impulsará la comunicación y coordinación entre las áreas.
- Los parámetros actuales no toman en consideración el uso eficiente de la materia prima principal. Para el producto estrella, se propone usar el modelo Q por ser aquel que genera los mayores ingresos. Dentro de los parámetros propuestos, el nuevo EOQ* permite usar hasta un 20% más del envase de la materia prima principal que debe ser usada en 3 días máximo sino se perderán sus propiedades. Además, el nuevo EOQ* refleja una buena utilización de los recursos ya sea en mano de obra y herramientas debido a que se aproximan a un cierre de ciclo.
- La empresa no maneja un stock de seguridad actualmente. Se estableció un stock de seguridad de 13 unidades para evitar quiebres de stock. Este valor se calculó a partir del nuevo *lead time* promedio de 6.83 días, las demandas reales

registradas del 2018 y 2019 y el nivel de servicio de 88.89%. El nivel de servicio fue calculado a partir de los costos excedentes y faltantes que tiene la empresa.

- Se observó un inadecuado uso, falta de delimitación y desorden en los espacios de trabajo. Ante esta situación, la implementación de las 5S's permitirá mejorar la productividad, el compromiso de toda la empresa y, la distribución y delimitación de espacios de trabajo. Además, reducirá los desperdicios en general y los accidentes laborales. Las 5S's iniciarán como punto de partida en los almacenes, que serán las áreas piloto, y, posteriormente, se dará el despliegue en las demás áreas.
- Se tiene un deficiente sistema de información y de supervisión, lo cual no permite manejar un adecuado registro de ventas, inventarios, tiempos y producción. Las plantillas serán el soporte para atenuar los problemas de falta de información y recolectar datos para obtener indicadores actualizados tales como la eficiencia, la rotación de inventarios, la evolución de las ventas y entre otros. Además, contribuyen a dar seguimiento y supervisión de todas las actividades y acontecimientos que suceden en la empresa. Toda la recolección de datos será almacenada en archivos de Excel para su posterior uso en herramientas de control y elaboración de KPI's.
- Las técnicas de trabajo no están estandarizadas en los procesos. Por esta razón, la calidad del producto no es uniforme y se refleja en los reclamos del cliente. Los procesos críticos para definir la calidad de los retenes son el área de mezclado y acabado. Por ello, el uso del Poka-Yoke mantendrá la estandarización de las técnicas de trabajo en ambos procesos. Dentro del proceso de mezclado, permitirá reducir los tiempos de operación, asegurar la calidad del producto y la reducción de piezas reprocesadas. Por otro lado, en el proceso de acabado, reducirá las paradas de máquinas por falla y la cantidad de piezas defectuosas de las piezas más comerciables.
- Cada colaborador está especializado en realizar un solo tipo de proceso en específico. Además, ante la ausencia de un trabajador, no se cuenta con personal de reemplazo. La práctica de la polivalencia dentro de la empresa permitirá mantener la continuidad de las actividades y reducir los retrasos de entrega por la ausencia de algún trabajador en su puesto de trabajo.

- Dentro de las propuestas de mejora, no se realizó un punto exclusivo para señalar las propuestas relacionadas con el sistema de información. Estas se encuentran dentro de las propuestas de mejora en los sistemas de producción y gestión de inventarios. La mayoría de las propuestas implementadas necesita tener un buen soporte de sistema de información para ponerlo en marcha.
- La implementación de las propuestas de mejora exige una inversión inicial de 38,425.35 soles que se centran en la compra de materiales y accesorios. Luego, para el primer año, se requiere una inversión de 136,264.67 soles, los cuales se deben básicamente a los programas de capacitación y auditorías. Finalmente, a partir del segundo año en adelante, la inversión oscila alrededor de 20,500 soles en cada año para el reforzamiento de capacitaciones implementadas, auditorías y entre otros. Adicionalmente, cabe resaltar que la empresa cuenta con la suficiente solvencia económica para financiar el total de la inversión requerida.
- En la estimación de los ahorros e ingresos adicionales, sólo se consideraron aquellos que tienen un impacto significativo. Los ahorros se dan por el uso eficiente de los recursos; en cambio, los ingresos adicionales son una consecuencia de haber modificado las técnicas de trabajo. En el primero año, ambos tipos de entradas son graduales, ya que las herramientas adicionales implementadas son progresivas en el tiempo. Estas tienen una etapa inicial de implementación en donde no se tendrán impactos considerables durante una parte del primer año. Del segundo año en adelante, ambos beneficios económicos serán estables siendo sus valores de S/69,049.11 y S/6,467.48 para los ahorros e ingresos adicionales respectivamente.
- Se calculó un CAPM de 24.71%, el cual fue asumido como la tasa de referencia (COK) para la evaluación económica. Esta tasa permite determinar la rentabilidad que se debe considerar al realizar alguna inversión en función al riesgo que se está asumiendo. Los resultados obtenidos fueron de una TIR de 33.29% y un VAN de S/17,078.99. Al ser la TIR mayor que el COK y el VAN mayor a cero, se concluye que el proyecto es viable para la puesta en marcha.

5.2 Recomendaciones

- Es importante el involucramiento y participación constante en todos los niveles de la empresa para la implementación y ejecución de las propuestas mencionadas. Se busca la participación activa de todos los trabajadores para que ellos se adapten a los cambios futuros y mantengan con responsabilidad sus actividades.

- Lo más importante para un colaborador es el reconocimiento por su buen trabajo y tiempo dedicado que ha ido realizando en el tiempo. Con el objetivo de aumentar la eficiencia en la empresa, se sugiere dar reconocimiento al esfuerzo individual y grupal de todos los trabajadores.
- Una forma de aumentar la calidad en las piezas es proponiendo incentivos monetarios por el logro de ciertas metas. Como resultado, los trabajadores aumentarán su eficiencia mejorando así la calidad de la pieza.
- Con el objetivo de reducir los tiempos de traslado, se recomienda reubicar los procesos del tercer piso al segundo. Otra opción, consiste en reubicar la planta en un área industrial con el fin de mejorar los flujos de producción.
- Con la finalidad de adquirir máquinas adecuadas para la producción, se recomienda hacer partícipe a los trabajadores involucrados en su uso. Ellos conocen los usos que se darán a las máquinas, así como el posible mantenimiento que estas necesitarán, ya que cuentan con la experiencia suficiente para ser considerados como asesores expertos.
- Luego de haber implementado las mejoras en ciertas áreas, se recomienda replicar las técnicas y buenas prácticas en las demás. Se debe tomar en cuenta que no solo debe ser aplicado en el flujo estudiado sino también a los demás procesos que posee la empresa a futuro.
- Actualmente, la empresa cuenta con un solo proveedor para el abastecimiento de la materia prima principal, poliuretano líquido. Para evitar el desabastecimiento de la materia prima, se recomienda realizar cualquiera de las siguientes acciones. Por un lado, se sugiere la búsqueda de nuevos proveedores que ofrezcan las mismas condiciones tanto en precio, tiempo de entrega y calidad del producto. Por otro lado, se recomienda mantener buenas relaciones con el proveedor actual, es decir, buscar la fidelización del proveedor a fin de asegurar los pedidos.
- En la propuesta de mejora se estableció el uso de una base de datos a través de archivos de Excel. A futuro, es necesario mejorar el almacenamiento y manejo de información a través de algún ERP y nube. El objetivo de esta propuesta busca integrar los procesos y la toma de decisiones en tiempo real.
- Debido a que todos los procesos son manuales, es necesario la concientización en el uso de implementos de seguridad y en temas de ergonomía. Respecto a los implementos de seguridad, reducen el impacto de los accidentes graves,

moderados y leves en los trabajadores. Respecto a temas ergonómicos, disminuye las molestias físicas y el impacto de enfermedades a largo plazo, eleva la productividad del trabajador y la comodidad en el ambiente de trabajo.

- Para asegurar la ejecución de las herramientas implementadas, es indispensable la supervisión de las actividades y auditorías continuas. En un corto plazo, las auditorías deben realizarse con mayor frecuencia y luego ir disminuyendo según la actividad a monitorear. Adicionalmente, se sugiere dar reconocimiento por mantener las buenas prácticas con el fin de incentivar su aplicación y su continuidad en el tiempo.
- Se sugiere complementar el presente trabajo con un estudio de marketing a fin de analizar el comportamiento de los mercados, proponer cambios para la atracción de nuevos clientes y mejorar la difusión de la marca.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, RONALD

2004 Logística: administración de la cadena de suministro. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

CHAPMAN, STEPHEN

2006 Planificación y control de la producción. Naucalpan de Juárez, Edo, México: Pearson Educación de México S.A.

CHASE, R.; JACOBS, F.

2018 Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros. Colonia Desarrollo Santa Fe, México: McGraw-Hill Education

CHOPRA, S.; MEINDL, P.

2013 Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

CÓRDOVA, MANUEL

2008 Estadística aplicada. San Martín de Porres. Lima-Perú. MOSHERA S.R.L.

GIBSON C.; NOLAN R.

1974 Managing the four stages of EDP growth. Harvard Business Review, Vol. 27

HEIZER J.; RENDER, B.

2014 Principios de administración de operaciones. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

HERNÁNDEZ, J.; VIZÁN, A.

2013 Lean Manufacturing: Conceptos técnicas e implementación. Madrid, España. Fundación EOI.

KRAJEWSKI, LEE

2013 Administración de operaciones: procesos y cadena de suministro. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

LAPIEDRA, R.; DEVECE, C.; GUIRAL, J.

2011 Introducción a la gestión de sistemas de información en la empresa. Castelló de la Plana, España: Universitat Jaume I.

LAUDON, K.; LAUDON, J.

2012 Sistema de información gerencial. Decimosegunda edición. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

LIKER, J; MORGAN, J.

2006 The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. Academy of Management Perspectives. New York, volumen 20, número 2, pp. 5-20. Consulta: 21 de mayo de 2021.

<<http://www.jstor.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/stable/4166229>>

MINISTERIO DE ENERGÍAS Y MINAS

2019 "Boletín estadístico minero". Lima, 2019, número 12, pp. 13. Consulta: 22 de octubre del 2020.

<<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2019/BEMDIC2019.pdf>>

MUÑOZ, DAVID

2009 Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocio. México: Cengage Learning Editores.

PEÑA, DANIEL

2010 Análisis de series temporales. Barcelona, España: Alianza Editorial.

OZ, EFFY

2006 Administración de los sistemas de información. (5a. ed.). Corporativo Santa Fe, México: Cengage Learning Editores, S.A.

RAJADELL, M.; SÁNCHEZ, J.

2010 Lean manufacturing: La evidencia de una necesidad. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos.

REYES, DORA

2016 Tecnologías de información y comunicación en las organizaciones. Distrito Federal, México. UNAM. FCA Publishing.

SÁEZ, ANTONIO

2012 Apuntes de estadística para ingenieros. España. Creative Commons.

VIDAL, CARLOS

2010 Fundamentos de control y gestión de inventarios. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle.

ZAPATA, JULIÁN

2014 Fundamentos de la gestión de inventarios. Medellín, Colombia: Editorial L.Vieco S.A.S.

SUPERINTENDENCIA DE BANCA Y SEGUROS Y AFP

2019 Tasa de interés promedio del sistema bancario [Reporte]. Lima. Consulta: 2 de junio de 2019.
<<http://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>>

SOBRINO, JOSÉ

2018 “10 pasos para la confiabilidad operacional”. En educacion. Consulta: 2 de junio de 2019.
<https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018082%20TRA_J_SOB_RINO_CIMGA2018.pdf>

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D.

2017 “La máquina que cambió el mundo”. Barcelona, España: Editorial Profit Editorial.

ANEXOS

Anexo 1: Principales sucesos de la evolución del almacenamiento de datos

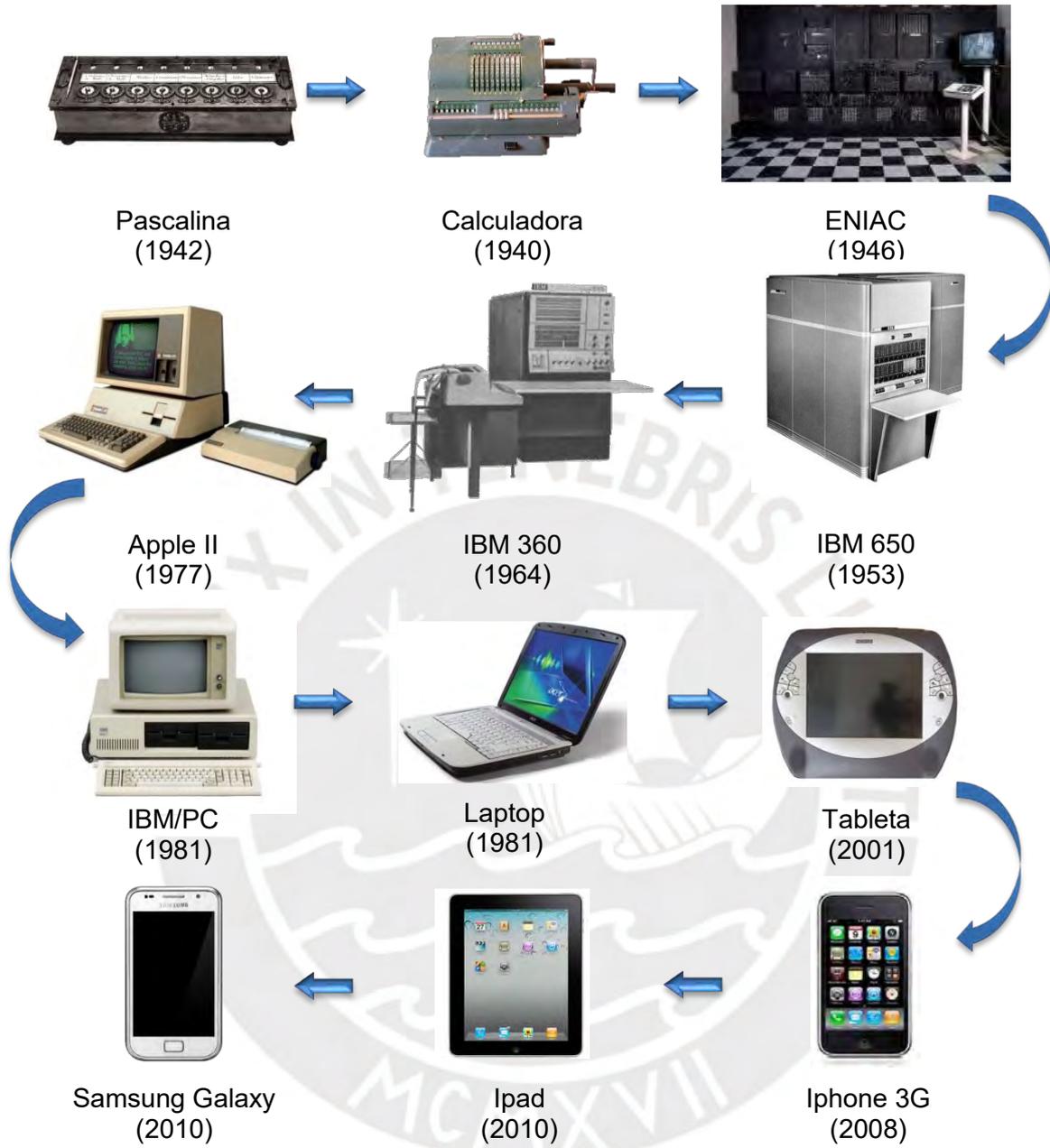
Año	Aportación	Inventor	Funciones
1806	Tarjetas perforadas	Joseph Marie Jacquard	Pieza de cartulina que contiene información digital
1928	Cinta magnética	Fritz Pfeuemer	Almacenamiento de 5 a 10 MB que es equivalente a 10,000 tarjetas perforadas
1967	Disquetes	IBM	Surgió por la demanda de almacenamiento portátil para los PC. Capacidad 1,2 o 1,44 MB
1980	CD	Kees Schouhamer y Toshitada Doi	Principal soporte para la música. Capacidad 700 MB
1994	Discos ZIP	lomega	Almacenamiento hasta 750 MB de datos en forma de cartucho extraíble
1998	Unidades Flash	Fujio Masuoka	Pueden almacenar entre 8 MB y 256 GB
2000s	Disco duro portátiles	IBM	Útiles para hacer copias de seguridad. Capacidad de 25GB a 4TB
2006	Almacenamiento en <i>Cloud</i>	Google	Almacenamientos que son prácticamente ilimitados

Anexo 2: Principales sucesos de los sistemas operativos

Año	Aportación	Inventor	Funciones
1963	ASCII	Varios	Se define el código estándar de caracteres.
1969	UNICS/UNIX	Laboratorios Bell	Nace el sistema operativo
1985	Windows 1.0	Microsoft	Se lanza Windows como una aplicación
1991	Linux	Linus Torvalds	Se desarrolla el sistema operativo Linux, basado en Unix.
1992	Windows 3.1	Microsoft	Se lanza la versión de Windows 3.1
1995	Windows 95	Microsoft	Trabaja sobre un ambiente gráfico de ventanas
1998	Windows 98	Microsoft	Se lanza la versión de Windows 98
1999	Mac OS 9	Apple	Se lanza al mercado el sistema operativo MAC OS 9.
2001	Windows XP	Microsoft	Se lanza al mercado el sistema operativo Windows XP.
2009	Windows 7	Microsoft	Se lanza al mercado el sistema operativo Windows 7.
2011	Windows 8	Microsoft	Se lanza al mercado el sistema Operativo Windows 8.
2015	Windows 10	Microsoft	Se lanza al mercado el sistema Operativo Windows 10.
2018	Windows 11	Microsoft	Se lanzará al mercado el sistema Operativo Windows 11

Fuente: Reyes (2016)

Anexo 3: Evolución de las computadoras

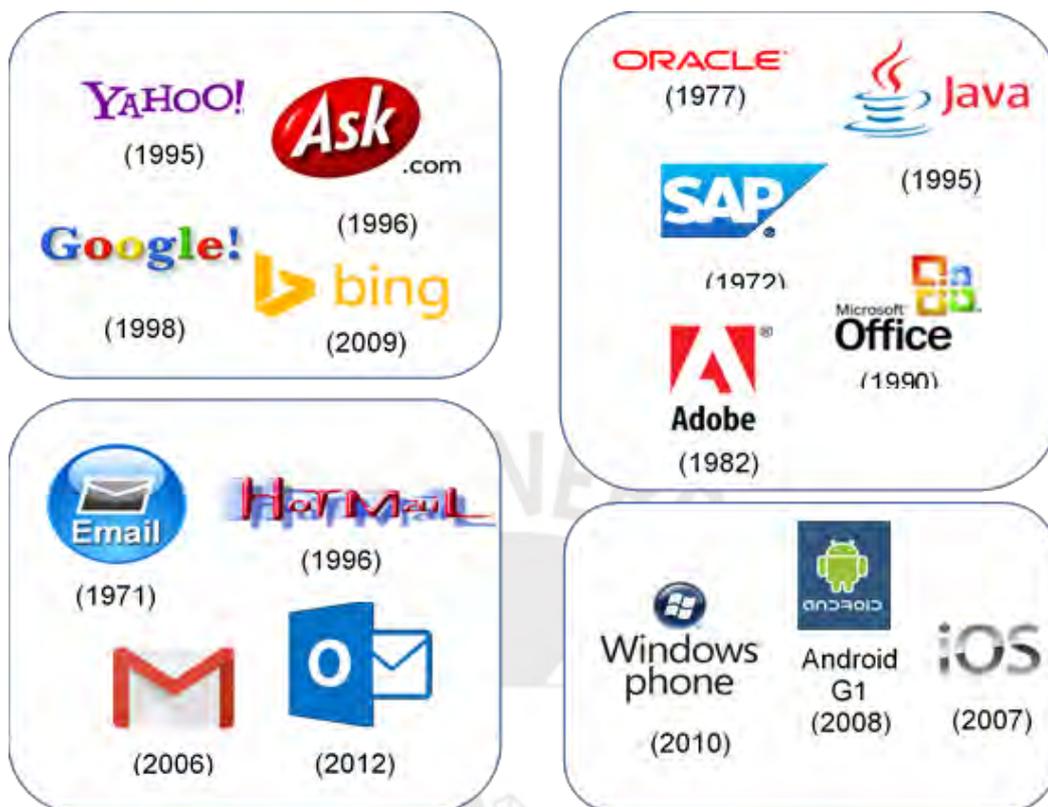


Anexo 4: Principales sucesos de la evolución de las computadoras

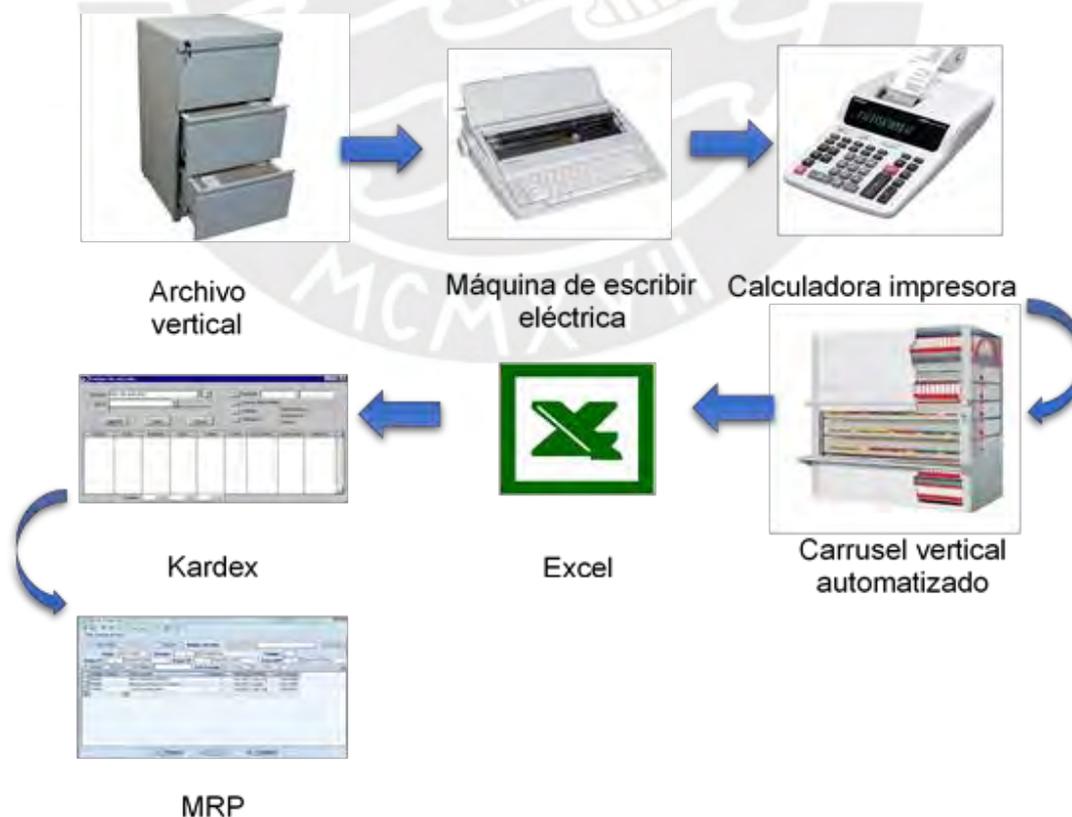
Año	Aportación	Inventor	Funciones
Siglo XVII	Algoritmo	Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi	Resolución metódica de problemas de álgebra y cálculo numérico
1642	Pascalina	Blaise Pascal	Es una de las primeras calculadoras mecánicas
1940	Calculadora	Samuel Willimas y George Stibitz	Podía manejar números complejos, de los laboratorios Bell
1944	Mark I	Howard H. Aiken	Primera computadora construida para la Universidad de Harvard por IBM
1946	ENIAC	Universidad de Pennsylvania	Primera computadora electrónica de propósito general
1953	IBM 650	IBM	Primera computadora de escala industrial de esa compañía
1964	IBM 360	IBM	Primera computadora con circuitos integrado
1977	Apple II	Steve Jobs y Steve Wozniak	Se hace popular la computadora Apple II
1981	IBM/PC	IBM	Revolución en el campo de la computación personal
1981	Laptop	Epson	Primera computadora portátil o laptop.
2001	Tableta	Nokia	Es la primera tableta del mercado.
2008	Iphone 3G	Apple	Móvil más revolucionario en toda la historia de Europa y América
2010	Ipad	Apple	Se lanza la primera generación de las tabletas de Apple.
2010	Samsung Galaxy	Samsung	Primera generación de dispositivos móviles de mayor éxito

Fuente: Reyes (2016)

Anexo 5: Herramientas de uso informático



Anexo 6: Principales herramientas en el manejo de inventario



Anexo 7: Principales sucesos del software

Año	Aportación	Inventor	Funciones
1966	ArpaNet/Internet	Arpa	Red ARPANET, aplicando los conceptos que se tenían de redes
1971	E-Mail	Ray Tomlinson	Primer programa de correo electrónico
1990	HTTP	Tim Berners	Hipertexto para crear el World Wide Web (www) una nueva manera de interactuar con Internet
1995	Lenguaje de programación Java	Sun Microsystems	Compilador, la máquina virtual y las librerías de clases de Java
1996	Hotmail	Sabeer Bhatia y Jack Smith	Crean el manejador de correo Hotmail
1998	Google	Larry Page y Sergey Brin	Buscador de página y contenidos.
2004	Facebook	Mark Zuckerberg	red social que cambió la forma de comunicación
2005	YouTube	Chad Hurley, Steve Chen y Jawed Karim	Se publica YouTube en la red.
2008	Android G1	Google	Lanza la primera versión del sistema operativo Android para móviles.

Fuente: Reyes (2016)

Anexo 8: Retenes de poliuretano H-Q



Anexo 9: Piezas de caucho



Anexo 10: Modelos de resorte



Anexo 11: Porcentaje de reprocesos promedio por operación realizada

OPERACIÓN	DATO	M1	M2	M3	M4	M5	% DE REPROCESOS
Mezclar	N° de Reprocesos	2	3	3	3	2	5%
	Producción Total	55	50	50	55	55	
	% Reproceso	3.6%	6.0%	6.0%	5.5%	3.6%	
Acabado	N° de Reprocesos	5	4	3	4	4	8%
	Producción Total	50	50	55	50	45	
	% Reproceso	10.0%	8.0%	5.5%	8.0%	8.9%	

Anexo 12: Porcentaje de mermas promedio por operación realizada

OPERACIÓN	INSUMO TOTAL EMPLEADO (5 UNID)	M1	M2	M3	M4	M5	% DE MERMA
Mezclar	Peso Merma	48.25	47.62	46.37	46.12	45.63	6.25%
	Peso inicial	748.04	748.6	748.02	748.64	748.63	
	% Merma	6.45%	6.36%	6.20%	6.16%	6.10%	
Verter	Peso Merma	47.73	48.07	46.7	46.53	45.02	6.67%
	Peso inicial	699.78	700.98	701.65	702.52	703	
	% Merma	6.82%	6.86%	6.66%	6.62%	6.40%	
Acabado	Peso Merma	84.8	84.29	83.78	83.36	84.74	12.86%
	Peso inicial	652.05	652.91	654.95	655.99	657.98	
	% Merma	13.01%	12.91%	12.79%	12.71%	12.88%	

Anexo 13: Inventario de los procesos en días

Proceso	Inventario promedio	Inventario (en días)
Almacén MP	185	14.23
Moldeado - Cocción	0	0.00
Cocción - Acabado	210	16.15
Acabado - Lavado	105	8.08
Lavado - Empaquetado	155	11.92
Almacén PT	125	9.62
Total		60.00

Anexo 14: Valor de inventarios en materia prima

Materia prima	Unidad de medida	Capacidad	Precio unitario	Moneda	Stock actual (und)	Pedido en lotes	Valor (S/)
Poliuretano	Lata	20 Lt	350	dolares	7	12	2021.25
Moca	Lata	50 Kg	450	dolares	1	1	371.25
Pigmento	Frasco	5 Lt	120	dolares	2	3	237.6
Envase	Caja	12 Und	60	soles	1	1	60
Thinner	Galón	3.78 Lt	15	soles	1	1	15
Trapo industrial	Caja	50 Kg	150	soles	1	1	150
Gas	Balón	20 Kg	45	soles	1	1	45
Cuchilla	Paquete	6 Und	125	soles	1	2	125
Cuchilla fina	Paquete	6 Und	125	soles	1	1	125
Hoja cortante	Caja	20 Und	45	soles	1	1	45
Refrigerante	Galón	3.78 Lt	60	soles	2	5	120
						Total	3315.1

Anexo 15: Valor de inventarios de productos en proceso

Proceso	En proceso	Costo unitario (S/)	Valor (S/)
Moldeado	0	12.80	0
Cocción	0	16.76	0
Acabado	210	24.73	5,193.11
Lavado	105	27.07	2,842.26
Empaquetado	155	29.70	4,603.36
Total	470	Total	12,638.73

Anexo 16: Valor de inventarios de productos terminados

Cantidad	Costo pieza (\$)	Moneda	Valor (S/)
125	8.94	dólar	3687.75

Anexo 17: Demanda real de piezas pumping seal modelo HQ

Semanas	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Sem1	92	79	92	78	69	76
Sem2	84	82	94	82	80	85
Sem3	87	76	105	71	74	71
Sem4	81	90	67	76	73	61
Total	344	327	358	307	296	293

Anexo 18: Cálculo de pronóstico con promedio móvil simple (M1)

Mes	Semana	Demanda Real	Demanda Pronosticada (2 semanas)	Demanda Pronosticada (3 semanas)	Demanda Pronosticada (4 semanas)	Demanda Pronosticada (5 semanas)	Error de previsión de la demanda (2 semanas)	Error de previsión de la demanda (3 semanas)	Error de previsión de la demanda (4 semanas)	Error de previsión de la demanda (5 semanas)	% Error (2 semanas)	% Error (3 semanas)	% Error (4 semanas)	% Error (5 semanas)
Octubre	Sem1	92												
	Sem2	84												
	Sem3	87	88				-1				1.15%			
	Sem4	81	86	88			-5	-7			6.17%	8.64%		
Noviembre	Sem1	79	84	84	86		-5	-5	-7		6.33%	6.33%	8.86%	
	Sem2	82	80	83	83	85	2	-1	-1	-3	2.44%	1.22%	1.22%	3.66%
	Sem3	76	81	81	83	83	-5	-5	-7	-7	6.58%	6.58%	9.21%	9.21%
	Sem4	90	79	79	80	81	11	11	10	9	12.22%	12.22%	11.11%	10.00%
Diciembre	Sem1	92	83	83	82	82	9	9	10	10	9.78%	9.78%	10.87%	10.87%
	Sem2	94	91	86	85	84	3	8	9	10	3.19%	8.51%	9.57%	10.64%
	Sem3	105	93	92	88	87	12	13	17	18	11.43%	12.38%	16.19%	17.14%
	Sem4	67	100	97	96	92	-33	-30	-29	-25	49.25%	44.78%	43.28%	37.31%
Enero	Sem1	78	86	89	90	90	-8	-11	-12	-12	10.26%	14.10%	15.38%	15.38%
	Sem2	82	73	84	86	88	9	-2	-4	-6	10.98%	2.44%	4.88%	7.32%
	Sem3	71	80	76	83	86	-9	-5	-12	-15	12.68%	7.04%	16.90%	21.13%
	Sem4	76	77	77	75	81	-1	-1	1	-5	1.32%	1.32%	1.32%	6.58%
Febrero	Sem1	69	74	77	77	75	-5	-8	-8	-6	7.25%	11.59%	11.59%	8.70%
	Sem2	80	73	72	75	76	7	8	5	4	8.75%	10.00%	6.25%	5.00%
	Sem3	74	75	75	74	76	-1	-1	0	-2	1.35%	1.35%	0.00%	2.70%
	Sem4	73	77	75	75	74	-4	-2	-2	-1	5.48%	2.74%	2.74%	1.37%
Marzo	Sem1	76	74	76	74	75	2	0	2	1	2.63%	0.00%	2.63%	1.32%
	Sem2	85	75	75	76	75	10	10	9	10	11.76%	11.76%	10.59%	11.76%
	Sem3	71	81	78	77	78	-10	-7	-6	-7	14.08%	9.86%	8.45%	9.86%
	Sem4	61	78	78	77	76	-17	-17	-16	-15	27.87%	27.87%	26.23%	24.59%

	Periodo 2 semanas	Periodo 3 semanas	Periodo 4 semanas	Periodo 5 semanas
CFE	-39	-43	-41	-42
MAD	7.68	7.67	8.35	8.74
MSE	106.14	102.71	114.25	113.16
MAPE	10.13%	10.02%	10.86%	11.29%

Anexo 19: Cálculo de pronóstico con Promedio móvil ponderado (M2)

Mes	Semana	Demanda Real	Demanda Pronosticada (2 semanas)	Demanda Pronosticada (3 semanas)	Demanda Pronosticada (4 semanas)	Demanda Pronosticada (5 semanas)	Error de previsión de la demanda (2 semanas)	Error de previsión de la demanda (3 semanas)	Error de previsión de la demanda (4 semanas)	Error de previsión de la demanda (5 semanas)	% Error (2 semanas)	% Error (3 semanas)	% Error (4 semanas)	% Error (5 semanas)
Octubre	Sem1	92												
	Sem2	84												
	Sem3	87	87				0				0.00%			
	Sem4	81	87	88			-6	-7			7.41%	8.64%		
Noviembre	Sem1	79	83	84	85	84	-4	-5	-6		5.06%	6.33%	7.59%	
	Sem2	82	80	82	82	84	2	0	0	-2	2.44%	0.00%	0.00%	2.44%
	Sem3	76	82	81	82	82	-6	-5	-6	-6	7.89%	6.58%	7.89%	7.89%
	Sem4	90	78	79	79	80	12	11	11	10	13.33%	12.22%	12.22%	11.11%
Diciembre	Sem1	92	86	85	84	83	6	7	8	9	6.52%	7.61%	8.70%	9.78%
	Sem2	94	92	89	88	86	2	5	6	8	2.13%	5.32%	6.38%	8.51%
	Sem3	105	94	93	91	89	11	12	14	16	10.48%	11.43%	13.33%	15.24%
	Sem4	67	102	100	98	95	-35	-33	-31	-28	52.24%	49.25%	46.27%	41.79%
Enero	Sem1	78	79	84	87	88	-1	-6	-9	-10	1.28%	7.69%	11.54%	12.82%
	Sem2	82	75	81	82	85	7	1	0	-3	8.54%	1.22%	0.00%	3.66%
	Sem3	71	81	78	81	83	-10	-7	-10	-12	14.08%	9.86%	14.08%	16.90%
	Sem4	76	75	76	76	78	1	0	0	-2	1.32%	0.00%	0.00%	2.63%
Febrero	Sem1	69	75	76	76	76	-6	-7	-7	-7	8.70%	10.14%	10.14%	10.14%
	Sem2	80	72	72	73	74	8	8	7	6	10.00%	10.00%	8.75%	7.50%
	Sem3	74	77	76	75	76	-3	-2	-1	-2	4.05%	2.70%	1.35%	2.70%
	Sem4	73	76	75	75	75	-3	-2	-2	-2	4.11%	2.74%	2.74%	2.74%
Marzo	Sem1	76	74	75	75	75	2	1	1	1	2.63%	1.32%	1.32%	1.32%
	Sem2	85	76	75	76	75	9	10	9	10	10.59%	11.76%	10.59%	11.76%
	Sem3	71	83	80	79	79	-12	-9	-8	-8	16.90%	12.68%	11.27%	11.27%
	Sem4	61	76	77	77	77	-15	-16	-16	-16	24.59%	26.23%	26.23%	26.23%

R1	0.7
R2	0.3

R1	0.4
R2	0.3
R3	0.2
R4	0.1

R1	0.3
R2	0.25
R3	0.2
R4	0.15
R5	0.1

	Periodo 2 semanas	Periodo 3 semanas	Periodo 4 semanas	Periodo 5 semanas
CFE	-41	-44	-40	-38
MAD	7.32	7.33	7.60	8.32
MSE	106.59	103.43	106.80	110.32
MAPE	9.74%	9.70%	10.02%	10.87%

R1	0.5
R2	0.3
R3	0.2

Anexo 20: Cálculo de pronóstico con suavización exponencial simple (M3)

Mes	Semana	Demanda Real	Pronóstico	Error	Valor Absoluto del error	% Error
Octubre	Sem1	92				
	Sem2	84	88			
	Sem3	87	86	1	1	1.38%
	Sem4	81	86	-5	5	6.74%
Noviembre	Sem1	79	83	-4	4	5.64%
	Sem2	82	81	1	1	1.21%
	Sem3	76	82	-6	6	7.31%
	Sem4	90	78	12	12	12.78%
Diciembre	Sem1	92	85	7	7	7.80%
	Sem2	94	89	5	5	5.56%
	Sem3	105	92	13	13	12.72%
	Sem4	67	99	-32	32	47.75%
Enero	Sem1	78	81	-3	3	4.35%
	Sem2	82	80	2	2	3.01%
	Sem3	71	81	-10	10	13.93%
	Sem4	76	75	1	1	0.72%
Febrero	Sem1	69	76	-7	7	9.79%
	Sem2	80	72	8	8	9.95%
	Sem3	74	76	-2	2	3.27%
	Sem4	73	75	-2	2	2.86%
Marzo	Sem1	76	74	2	2	2.71%
	Sem2	85	75	10	10	11.68%
	Sem3	71	81	-10	10	13.43%
	Sem4	61	75	-14	14	23.43%

		Valores	
alfa	0.55	CFE	-33
1-alfa	0.45	MAD	7.14
		MSE	96.59
		MAPE	9.46%

Anexo 21: Cálculo de pronóstico con método estacional multiplicativo (M4)

	Octubre	Factor Estacional 1	Noviembre	Factor Estacional 2	Diciembre	Factor Estacional 3	Enero	Factor Estacional 4	Febrero	Factor Estacional 5	Factor Estacional Promedio	Marzo	Abril
Sem1	92	1.07	79	0.97	92	1.03	78	1.02	69	0.93	1.003	76.00	68
Sem2	84	0.98	82	1.00	94	1.05	82	1.07	80	1.08	1.036	79.00	
Sem3	87	1.01	76	0.93	105	1.17	71	0.93	74	1.00	1.008	77.00	
Sem4	81	0.94	90	1.10	67	0.75	76	0.99	73	0.99	0.954	73.00	
Total	344		327		358		307		296			305	
Promedio	86		81.75		89.5		76.75		74			76.21	

	Factor Estacional Octubre	Factor Estacional Noviembre	Factor Estacional Diciembre	Factor Estacional Enero	Factor Estacional Febrero	Factor Estacional Promedio	Marzo
Sem1	1.070	0.966	1.028	1.016	0.932	1.003	76.40
Sem2	0.977	1.003	1.050	1.068	1.081	1.036	78.95
Sem3	1.012	0.930	1.173	0.925	1.000	1.008	76.81
Sem4	0.942	1.101	0.749	0.990	0.986	0.954	72.67

	Demanda Real Octubre	Demanda Real Noviembre	Demanda Real Diciembre	Demanda Real Enero	Demanda Real Febrero	Demanda Pronosticada Marzo
Total	344	327	358	307	296	305
Promedio	86	81.75	89.5	76.75	74	76.21

Anexo 22: Comparación de métodos

Semanas	Marzo				
	Real	M1	M2	M3	M4
Sem1	76	74	74	74	76
Sem2	85	75	76	76	79
Sem3	71	81	83	81	77
Sem4	61	78	76	76	73
Total	293	308	309	307	305

Semanas	DIF-M1	DIF-M2	DIF-M3	DIF-M4	% M1	% M2	% M3	% M4
Sem1	2	2	2	0	2.63%	2.63%	2.63%	0.00%
Sem2	10	9	9	6	11.76%	10.59%	10.59%	7.06%
Sem3	-10	-12	-10	-6	14.08%	16.90%	14.08%	8.45%
Sem4	-17	-15	-15	-12	27.87%	24.59%	24.59%	19.67%
Promedio	-15	-16	-14	-12	14.09%	13.68%	12.97%	8.80%

	M1	M2	M3	M4
CFE	-15	-16	-14	-12
MAD	9.75	9.5	9	6
MSE	123.25	113.5	102.5	54
MAPE	14.09%	13.68%	12.97%	8.80%

Anexo 23: Toma de tiempos por área

OPERACIÓN	TOMA DE TIEMPOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T MAX	T MIN	T PROM
Mezclado										
Cocción										
Acabado										
Lavado										
Empaquetado										

Anexo 24: Toma de tiempos promedio por actividad realizada

TRABAJADOR	ÁREA	OPERACIÓN	TE POR UND O GRUPO (MIN)	TIEMPO TOTAL INVOLUCRADO	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR TRABAJADOR
1	MEZCLADO - COCCIÓN	Calentar matriz			
		Preparar ingredientes			
		Verter mezcla			
		Precocido			
		Cocido			
		Traslado			
2	ACABADO	Acabado			
		Afilado			
		Traslado			
3	LAVADO	Remojar			
		Limpiar			
		Traslado			
4	EMPAQUETADO	Empaquetar			
		Traslado			

Anexo 25: Piezas defectuosas semanales

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
N° de retenes defectuosos						
N° de retenes producidos						
% Defectuosos						

Anexo 26: Porcentaje semanal de mermas

OPERACIÓN	DATO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	% DE MERMA
Mezclar	Cantidad de Gr como merma por pieza							
	Peso total de material usado por pieza							
Verter	Cantidad de Gr como merma por pieza							
	Peso total de material usado por pieza							
Cocción	Cantidad de Gr como merma por pieza							
	Peso total de material usado por pieza							
Lavado	Cantidad de Gr como merma por pieza							
	Peso total de material usado por pieza							
Acabado	Cantidad de Gr como merma por pieza							
	Peso total de material usado por pieza							

Anexo 27: Porcentaje de reprocesos semanales

OPERACIÓN	DATO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	% DE REPROCESOS
Mezclar	N° de Reprocesos							
	Producción Total							
Verter	N° de Reprocesos							
	Producción Total							
Cocción	N° de Reprocesos							
	Producción Total							
Acabado	N° de Reprocesos							
	Producción Total							
Lavado	N° de Reprocesos							
	Producción Total							

Anexo 28: Demanda y precio de los principales productos por familia

PRODUCTO	MODELO	PRECIO UND	DEMANDA (MES)	DEMANDA (SEM)
RETEN	Pumping seal HQ			
	Pumping seal NQ			
	Pumping seal BQ			
	Pressure valve HQ			
	Pressure valve NQ			
	Pressure valve BQ			
CAUCHO	Modelo original			
	Modelo 4-20			
	Modelo 4-35			
	Packing set			
	Cable packing			
	Válvula de presión			
RESORTE	Resorte de rodaje			
	Resorte de torque			
	Resorte de extensión			
	Resorte de tensión			
BRONCE	Válvula de presión			
	Packing set			
	Modelo 4-35			
	Arandelas de bronce			
	Estabilizadores			

Anexo 29: Inventario promedio de pieza Pumping Seal HQ

MES	INV. MÁX (UND)	INV. MÍN (UND)	INV. PROMEDIO
OCTUBRE			
NOVIEMBRE			
DICIEMBRE			
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			

Anexo 30: Rotación de inventarios de pieza Pumping Seal HQ

MES	COSTO DE VENTAS (S/)	INVENTARIO PROMEDIO (S/)	ROTACIÓN DE INVENTARIOS
OCTUBRE			
NOVIEMBRE			
DICIEMBRE			
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			



Anexo 31: Tiempo total de producción actual y propuesto

Proceso actual											
Almacén	Tiempos (Min)	Moldeado	Tiempos (Min)	Cocción	Tiempos (Min)	Acabado	Tiempos (Min)	Lavado	Tiempos (Min)	Empaquetado	Tiempos (Min)
Ir al almacen	1.5	Buscar materiales	3.5	Limpiar el horno	7.0	Limpiar zona	15	Buscar insumos de limpieza	5.0	Buscar materiales	8.0
Buscar MP	3.5	Limpiar la zona	15	Colocar piezas	2.0	Buscar cuchilla	4	Remojar	3.0	Empaquetar	60.8
Seleccionar cantidad a requerir	4.0	Calentar recipientes - MP	182.4	Coccion	384.5	Afilar y calibrar cuchilla	15	Lavar	115.5	Almacenar	5.0
Trasladarte al area de moldeado	0.5	Preparar mezcla		Traslado al area de acabado	5.0	Acabado	239.4	Traslado a empaquetado	6.0	Limpiar zona	4.0
		Verter en moldes				Buscar recipiente	2	Limpiar zona	5.0		
		Limpiar moldes	30			Depositar piezas en recipiente	5				
		Trasladar al horno	2			Trasladar al area de lavado	3				
Total	9.5		232.9		398.5		283.4		134.5		77.8

Propuesta de mejora											
Almacén	Tiempos (Min)	Moldeado	Tiempos (Min)	Cocción	Tiempos (Min)	Acabado	Tiempos (Min)	Lavado	Tiempos (Min)	Empaquetado	Tiempos (Min)
Ir al almacen	1.0	Buscar materiales	1.5	Limpiar el horno	5.0	Limpiar zona	10.0	Buscar insumos de limpieza	3.0	Buscar materiales	5.0
Buscar MP	1.5	Limpiar la zona	8.0	Colocar piezas	2.0	Buscar cuchilla	1.0	Remojar	3.0	Empaquetar	60.8
Seleccionar cantidad a requerir	4.0	Calentar recipientes - MP	182.4	Coserlas	384.5	Afilar y calibrar cuchilla	12.0	Lavar	115.5	Almacenar	4.0
Trasladarte al area de moldeado	0.5	Preparar mezcla		Traslado al area de acabado	3.0	Acabado	239.4	Traslado a empaquetado	4.8	Limpiar zona	2.0
		Verter en moldes				Buscar recipiente	2.0	Limpiar zona	3.0		
		Limpiar moldes	30.0			Depositar piezas en recipiente	4.0				
		Trasladar al horno	1.5			Trasladar al area de lavado	2.0				
Total	7.0		223.4		394.5		270.4		129.3		71.8

	Almacen	Moldeado	Cocción	Acabado	Lavado	Empaquetado	Total
Proceso Actual	9.50	232.90	398.50	283.40	134.52	77.80	1136.62
Propuesta de Mejora	7.00	223.40	394.50	270.40	129.32	71.80	1096.42
Variación del Tiempo	26.32%	4.08%	1.00%	4.59%	3.87%	7.71%	3.54%

Días laborables	282
------------------------	------------

Anexo 34: Dispositivos para el control de inventarios

Herramienta	Descripción	Costo
Laptop - jefe	Hp laptop 16-a0001la 16.1" intel core i5 512gb+32gb 8gb 4gb	S/ 3,799.00
Laptop - inventarios	Hp laptop 15-dw2033 15.6" intel core i5 1tb 8gb	S/ 2,599.00
Mouse y teclado	Teclado + mouse inalámbrico logitech mk235 (2 unid)	S/ 178.00
Impresora	Impresora hp ink tank 315	S/ 649.00
Usb	Usb 3.0 16gb (4 unidades)	S/ 112.00
Monitor	Lg monitor led 27mk600	S/ 949.00
Escritorio de trabajo	Escritorio clib alegría - castaño (2)	S/ 1,598.00
Silla de trabajo	Silla de oficina capricornio (2)	S/ 598.00
Pistola lectora de QR	Lector código de barras qr 2d bidimensional inalambrico ccd	S/ 279.00
Software codigo de QR	Software Labeljoy para microsoft windows	S/ 491.70
Papel adhesivo	Etiquetas precortadas x 05 hojas a4	S/ 150.00
Tablet	Galaxy tab a8 pulgadas (4)	S/ 2,396.00
Gastos extras	Gastos adicionales	S/ 1,379.87
Total		s/ 15,178.57

Anexo 35: Capacitación al personal y simulación de actividades

	Capacitar	Capacitado	Sesiones	Horas	Costo
Moldeado	A	E	5	2	S/ 1,103.28
Cocción	B	E	3	1	S/ 330.98
Acabado	C	D	10	2	S/ 4,855.86
Lavado	D	A, B	1	2	S/ 359.04
Empaquetado	E	C	1	2	S/ 332.01
Total			37	37	S/ 6,981.16

Anexo 36: Acondicionamiento de sección 5S

Herramienta	Descripción	Costo
Proyector	Proyector multimedia vpl-dx220	S/ 2,015.00
Cortina roller black out (compra, instalación y envío)	Beige 160x165	S/ 146.80
Rack proyector (compra, instalación y envío)	Rack universal	S/ 348.27
Escritorio (compra, instalación y envío)	Escritorio de vidrio tripoli	S/ 385.80
Silla principal	Sillón giratorio rotterdam	S/ 169.00
Silla	Silla pu negra	S/ 639.20
Librero	Librero alcantara	S/ 419.00
Archivador	Archivador para files oficina 4 cajones	S/ 489.00
Mesa	Mesa crema de melamina de doble tablero	S/ 250.00
Cortina ventana	Cortina roller black out text gris 160x165	S/ 200.80
Letrero de salon	Placa 1x2	S/ 90.00
Cable	Hdmi	S/ 30.00
Parlantes	Parlante bose home speaker 300	S/ 1,399.90
Electricidad	Equipamiento e instalación de electricidad	S/ 450.00
Pared drywall	22 m2	S/ 1,430.00
Puerta	Combo puerta interior con marco capital hdf 70 x 207 x 10 blanca	S/ 169.90
Ventana	Ventana básica 100cm	S/ 229.90
Total		S/ 8,862.57

Anexo 37: Ahorros e ingresos adicionales de las propuestas de mejora 1/2

Uso eficiente de Materia Prima

	MP Poliuretano
250 Unid	1.51
300 Unid	1.81
Diferencia	0.30

Envase	Piezas
1	165
0.30	49
Valorización (S/)	S/ 339.57

Nivel de productos en proceso

	Cantidad	Valor
PP Actual	456	S/. 12,248.867
PP Propuesto	171	S/. 4,300.27
		S/ 6,756.30

Disminución de reprocesos

Operación	Reprocesos actual	Cant	Soles (1 día)	Reducción	Cantidad	Soles (1 día)
Mezclado	5%	4	S/ 19.16	3.3%	3	S/ 14.37
Acabado	8%	7	S/ 55.79	5%	5	S/ 39.85
			S/ 74.95			S/ 54.22

Periodo	Ahorro
Día	S/ 20.73
Semanal	S/ 124.37
Mensual	S/ 538.96

Disminución de las mermas

Operación	% de merma actual	% de merma mejorado
Mezclar	6.25%	5.31%

MP	Cantidad	Actual	Mejora	Ahorro	1 día (cant)	1 día (soles)	1 Mes (soles)
Poliuretano	120	7.5	6.375	1.125	85.5	S/ 4.94	S/ 118.50
Moca	23	1.4375	1.221875	0.215625	16.3875	S/ 0.95	S/ 22.71
Pigmento	5	0.3125	0.265625	0.046875	3.5625	S/ 0.21	S/ 4.94
							S/ 146.15

Disminución de productos de segunda calidad

	Actual	Propuesto	Diferencia
Total	76	76	3
Defectuosos	7	4	72

Valor 1° clase	S/ 3,116.88
Valor 2° clase	S/ 2,494.80
Adicional	S/ 622.08

Anexo 38: Ahorros e ingresos adicionales de las propuestas de mejora 2/2

Herramientas	Detalles	Ingresos (Mensuales)	Total	Año 1	Años Sgtes
Sistema de gestión de inventarios de PP y PT	Uso eficiente de Materia Prima (Poliuretano)	S/ 339.57	S/ 339.57	S/ 4,074.84	S/ 4,074.84
	Disminución del nivel de productos en proceso	S/ 6,756.30	S/4,729.41	S/56,752.95	S/56,752.95
5S y Poka-Yoke	Disminución de reprocesos (moldeado - acabado)	S/ 538.96	S/ 538.96	S/ 4,850.61	S/ 6,467.48
	Disminución de productos de segunda calidad (defectuosos)	S/ 622.08	S/ 622.08	S/ 5,598.72	S/ 7,464.96
	Disminución de las mermas (Moldeado)	S/ 146.15	S/ 146.15	S/ 1,315.38	S/ 1,753.84

Anexo 39: Portafolio del mercado y margen de utilidad por mes

Mes	Portafolio del mercado	Margen de utilidad
Enero	\$ 21,000,000.00	S/ 19,364.40
Febrero	\$ 25,000,000.00	S/ 18,037.80
Marzo	\$ 26,000,000.00	S/ 18,562.50
Abril	\$ 28,000,000.00	S/ 18,247.35
Mayo	\$ 32,000,000.00	S/ 19,088.85
Junio	\$ 35,000,000.00	S/ 19,248.90
Julio	\$ 32,000,000.00	S/ 18,818.25
Agosto	\$ 30,000,000.00	S/ 21,709.05
Setiembre	\$ 28,000,000.00	S/ 20,280.15
Octubre	\$ 31,000,000.00	S/ 21,786.60
Noviembre	\$ 32,000,000.00	S/ 21,707.40
Diciembre	\$ 37,000,000.00	S/ 23,948.10

Anexo 40: Rentabilidad del mercado y acciones por mes

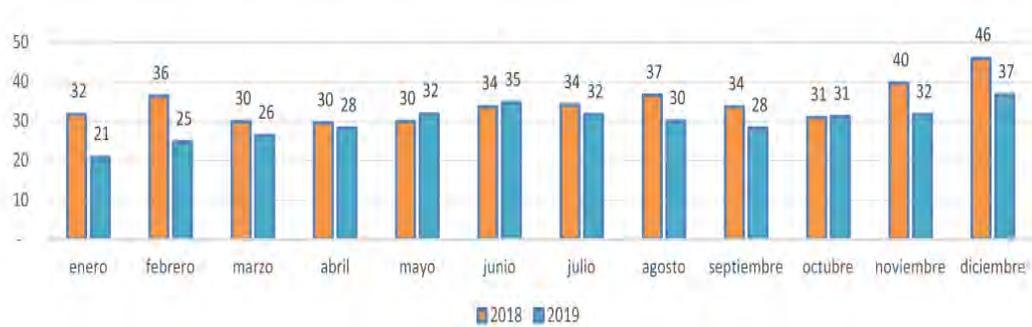
Rent. portafolio del mercado	Rent. Acciones	Rend. Portafolio	Rend. Empresa
19.05%	-6.85%	5.68%	2.16%
4.00%	2.91%		
7.69%	-1.70%		
14.29%	4.61%		
9.38%	0.84%		
-8.57%	-2.24%		
-6.25%	15.36%		
-6.67%	-6.58%		
10.71%	7.43%		
3.23%	-0.36%		
15.63%	10.32%		

Anexo 41: Parámetros del CAPM

	Mensual	Anual
CAPM	1.86%	24.71%

rf	1.80%
b	1.52%
rm	5.68%

Anexo 42: Inversión mensual en exploración (millones de US\$)



Anexo 43: Regresión lineal de rentabilidad del portafolio vs empresa

