

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**MARCO TEÓRICO PARA DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE
MEJORA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO APLICANDO
METODOLOGÍA LEAN Y MRP**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado de BACHILLER EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR

Maylin Yauri Siu

ASESOR:

Mery Roxana León Perfecto

Lima, Diciembre, 2020

Resumen

Actualmente, el gran dinamismo del mercado y la búsqueda de rentabilidad sostenible de los negocios, conlleva a replantear las estrategias, tanto corporativas como competitivas. En línea con ello, las empresas vienen transformando sus operaciones para dar una respuesta eficiente al mercado; a través de la mejora continua, el incremento de la productividad, entre otros. Para ello, el primer paso es establecer las prioridades competitivas del negocio, lo cual servirá como *input* para el diseño de las estrategias operativas de políticas, niveles de inventario, cantidad y periodos de compra y producción. Seguidamente, las empresas deben buscar optimizar y mejorar sus procesos y cadena de suministro, con el objetivo de incrementar su efectividad y *superávit*, y puedan sostenerse en el tiempo. Con respecto a este punto, la implementación de la metodología Lean y MRP, podría significar cuantiosas mejoras en los procesos inmersos de la cadena de suministro.

Por ello, el presente trabajo de investigación tiene por objetivo exponer los principios de la filosofía Lean y del Plan Maestro de Requerimientos, MRP. Además, se analiza los resultados de la implementación de estas metodologías en medianas y grandes empresas. Por lo referente al tema de MRP, se presenta el caso de dos MYPES, una textil peruana y una fábrica de calzado ecuatoriana, ambas ante su problemática de alto nivel de inventarios decidieron implantar un sistema MRP. De esta forma, se evidencia la mejora a través de sus ratios financieros y en el incremento del aprovechamiento de su ruta de producción, respectivamente. Por otro lado, para ejemplificar con buenas prácticas Lean, se expone a la multinacional Zara, desde la perspectiva complementaria de 3 investigaciones, el caso de una empresa colombiana dedicada a la fabricación de refrigeración, una MYPE de muebles peruana y una empresa de operaciones mineras. Todos con resultados favorables con la implementación de la metodología Lean.

Finalmente, se complementa el trabajo con investigaciones que permiten evidenciar la problemática del rendimiento operativo en la industria MYPE, siendo una limitante de crecimiento con alta recurrencia, el control adecuado de sus inventarios. Por otra parte, a través de una investigación rusa, se denota los principales factores exógenos y endógenos que podría interferir en la implementación de la metodología Lean, punto importante a considerar.



Dedicatoria

Llena de regocijo y disposición de servicio de mi país dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por ser la guía y fortaleza en mi vida.

De manera especial, a mi madre por haberme forjado como persona de bien y brindarme su invaluable apoyo y motivación para alcanzar cada una de mis metas.

Así mismo, a mi abuela, hermana, familia y amigos por cada una de sus palabras de aliento y momentos compartidos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Planeamiento de Requerimiento de Materiales (MRP)	1
1.1.1 Tipos de demanda	1
1.1.2 Elementos de la MRP	2
1.2 La Metodología Lean.....	3
1.2.1 Valor Agregado.....	3
1.2.2 Desperdicios.....	4
1.2.3 Esquemas de valor	6
1.2.4 <i>Kaizen</i> : Mejora continua.....	6
1.2.5 Implementación del <i>Lean</i>	7
1.2.6 Lean aplicado a cadenas de suministro.....	7
1.2.7 Principios de lean supply chain	8
1.3 Reingeniería y mejora continua	9
1.4 Método Sistemático	10
1.5 Herramientas de diagnóstico de procesos	11
1.5.1 Herramientas para el conocimiento y documentación del proceso.....	11
Diagrama de Flujo o Mapa de Procesos	11
Planos de Servicios.....	14
1.5.2 Herramientas para el análisis de datos	15
Hoja de verificación:.....	15
Histogramas y gráficos de barras.....	15
Gráfico de Pareto	16
Diagrama de dispersión	17
Diagrama de Causa y Efecto (Espina de Pescado)	17
Flujo de valor o <i>Value Stream Mapping</i> (VSM).....	18
CAPÍTULO II. CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1 Mejora en la Cadena de Suministro	21
2.2 Implementación de MRP como herramienta de mejora	22

2.2.1 Casos de implementación de MRP	22
Caso 1: Situación actual de las MYPES en el Perú	22
Caso 2: Caso de industria textil peruana.....	24
Caso 3: Caso de industria del calzado ecuatoriana	29
Caso 4: Propuesta de modelo de control óptimo para MRP de procesos continuos y capacidad finita con artículos deteriorados.....	33
2.2.2 Discusión y comparación de casos propuesto con aplicación de MRP	39
2.3 Implementación de Lean como herramienta de mejora	42
2.3.1 Casos de implementación de filosofía Lean	42
Caso 5: Mejoras en la cadena de suministro de Zara.....	42
Caso 6: Industria de refrigeradores colombiana	47
Caso 7: Industria de muebles peruana	49
Caso 8: Identificación de principales obstáculos en la implementación de Lean.....	53
Caso 9: Caso de industria minera chilena	56
2.3.2 Discusión y comparación de casos propuesto con aplicación de Lean.....	59
CONCLUSIONES	61
BIBLIOGRAFIA	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ejemplo de Esquema de Valor	6
Figura 2 Ejemplo de Diagrama de Flujo del Proceso de Ventas de una Empresa Consultora	12
Figura 3 Ejemplo de Fragmento de Mapa de Proceso y su Simbología	13
Figura 4 Ejemplo de Fragmento de Plano de Servicios.....	14
Figura 5 Ejemplo de Hoja de Verificación	15
Figura 6 Ejemplo de Hoja de Histograma.....	16
Figura 7 Ejemplo de Gráfico de Pareto.....	16
Figura 8 Ejemplo de Hoja de Verificación	17
Figura 9 Ejemplo de Diagrama de Causa y Efecto	18
Figura 10 Símbolo de los Elementos Utilizados en el VSM	19
Figura 11 Ejemplo de Diagrama de Flujo del Proceso de Ventas de una Consultora	20
Figura 12 Etapas de la Implementación de la Metodología S&OP en la Compañía	25
Figura 13 Lista de Materiales Para Elaboración de Zapato Casual	30
Figura 14 Ruta de Producción.....	31
Figura 15 Lista de Materiales Propuesta.....	33
Figura 16 Esquema de Proceso Propuesto	34
Figura 17. Solución Final de Variables de Estado y Control.....	36
Figura 18 Reto de Tiempo de Respuesta de Inditex	44
Figura 19 Compresión del Ciclo Temporal a través de la Respuesta Rápida	45
Figura 20 Registro de Paradas de Líneas	49
Figura 21 VSM de la Situación Inicial	43
Figura 22 VSM Propuesto e Implementado.....	48
Figura 23 Procesos de Fabricación de Muebles de Madera.....	50
Figura 24 VSM del Proceso de Fabricación de Muebles.....	51
Figura 25 Estructura del Modelo Propuesto de Barreras para la Producción de LP.....	56
Figura 26 Diagrama de Fuerzas del Camión Minero.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Factores que Limitan el Crecimiento de las MYPES en el Perú	22
Tabla 2 Ratios de la Compañía al Inicio de la Investigación.....	24
Tabla 3 Porcentaje de la Diferencia Entre el Pronóstico y la Demanda en el 2019	27
Tabla 4 Porcentaje de Reducción de Costos Fijos y Variables.....	27
Tabla 5 Comparación del Grado de Rotación de Inventario Entre el 2018 y el 2019	28
Tabla 6 Comparación del Tiempo de Venta del Inventario Antes y Después de la Mejora	28
Tabla 7 Plan Maestro de Producción	29
Tabla 8 Tiempo Total de Preparación.....	32
Tabla 9 Tiempo Total de Carga de los Centros de Trabajo	32
Tabla 10 Parámetros Constantes en el Ejemplo Propuesto.....	36
Tabla 11 Valores de la Función Objetivo para las Variables WR1 y WR2.....	37
Tabla 12 Valores de la Función Objetivo para Diferentes Valores de Wm y Wr	38
Tabla 13 Hoja de Verificación de los Problemas de Parada de Línea	49
Tabla 14 Costos Incurridos por las Paradas de Líneas	50
Tabla 15 Costos Incurridos Después de la Implementación de la Mejora.....	49
Tabla 16 Resultados de la Simulación en Arena 14.0	52
Tabla 17 Comparación de Productividades	53
Tabla 18 Benchmarking de las Empresas Mineras	58

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se describe los principios y consideraciones de la metodología Lean aplicada en la mejora de la cadena de suministros. Seguidamente, se describe las principales herramientas de diagnóstico de procesos, con sus respectivos ejemplos gráficos. Ambos acápite contribuirán como pilar teórico para la tesis “Propuesta de mejora de la cadena de suministro de una *fintech* aplicando principios de *Lean supply chain* y la implementación de un sistema DRP y MRP” (Yauri, 2020).

1.1 Planeamiento de Requerimiento de Materiales (MRP)

Según Krajewski, J. et al (2008, p.), un determinado proceso para la elaboración de productos finales, requiere del abastecimiento de materia prima, componentes o subunidades producidas con antelación. En línea con ello, la implementación de un sistema MRP es una de las soluciones más prominentes en las empresas que permite, además de satisfacer las necesidades de la línea, reducir niveles de inventario, mejorar la utilización del personal y planta, así como incrementar el nivel de servicio al cliente. Cabe señalar, como lo menciona Chase, R. et al (2018), el MRP es alimentado con información proveniente del Programa Maestro de Producción y la información levantada de la lista de materiales. Por otro lado, el objetivo principal del MRP es emitir información de niveles y tiempos de compras y producción requeridos para satisfacer la demanda, a través de informes de acción.

1.1.1 Tipos de demanda

- **Demanda independiente:** Según Chase, R. et al (2018), es aquella demanda de externa de productos terminados o repuestos requeridos por el mercado. Su pronóstico está afectado por condiciones externas del mercado, cuyo patrón de consumo podría ser uniforme o presentar fluctuaciones aleatorias.

- **Demanda dependiente:** Según Chase, R. *et al* (2018), es aquella producida por solicitud de demanda interna de insumos o productos en proceso requeridos en la fabricación de producto final o servicio.

1.1.2 Elementos de la MRP

Dimensionamiento de lote y políticas de abastecimiento: Según Krajewski, J. *et al* (2008), uno de los factores de planificación de inventario MRP, es la determinación de la cantidad de aprovisionamiento de materias primas. Por su parte, Chase, R. *et al* (2018) acota que las técnicas de aprovisionamiento se basan en equilibrar los costos de mantenimiento de inventarios y costos de pedidos. Cabe mencionar, la selección de la técnica está intrínsecamente relacionada con las políticas de abastecimiento de cada proveedor; a continuación, se detalla las principales técnicas según Krajewski, J. *et al* (2008):

- **Cantidad fija o múltiplo (FOQ):** El tamaño de lote fijo está sujeto a límites de capacidad de la maquinaria o carga, niveles de descuento por volumen de compra o lotes mínimos de compra.
- **Cantidad por periodo (POQ):** Esta técnica solicita al proveedor, el agregado exacto de diferentes pedidos requerido en un horizonte de tiempo predeterminado, esta técnica favorece a la reducción de costos por pedido.
- **Pedidos Lote por Lote (LxL):** Este es un caso especial del tipo POQ, porque permite satisfacer la demanda exacta requerida en un tiempo bastante acotado, la ventaja de esta técnica es la reducción de inventarios.

Stock de Seguridad: Según Krajewski, J. *et al* (2008), se trata de una decisión administrativa relacionada con el volumen de existencias de seguridad requeridas, para garantizar la continuidad de las operaciones productivas en caso la demanda inesperadamente aumente.

Lista de materiales: Según Schroeder, R. Meyer, S. & Rungtusanatham, J. (2011) es una descripción ordenada y detallada de los materiales o producto en proceso requeridos durante la fabricación de un producto terminado. Si bien las listas de materiales deben ser estándares para guardar la misma información para todas las áreas, esta también suele estar sujeta a modificaciones, por lo que se requiere un sistema eficaz de órdenes de cambios de ingeniería (ECO).

1.2 La Metodología Lean

La historia de Lean Manufacturing data de la década de 1940, cuando Taiichi Ohno y Shigeo Shing introdujeron su estrategia de manufactura y sistema de producción en Toyota, desde entonces esta metodología viene evolucionando y expandiendo su aplicación a diferentes sectores. De esta manera, Socconini, L. (2019), define Lean como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios o excesos, es decir aquello que no agrega valor a un proceso, pero genera costos y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacidades. Así mismo, el autor destaca que una empresa *lean*, o llamada también esbelta y ágil, debe ser capaz de adaptarse rápidamente a cambios, utilizando las excelentes herramientas de mejora, prevención, solución de problemas y administración disponibles, y contando con hábitos que influyen en la cultura y con administración congruente con el liderazgo que motive el cambio y el autodesarrollo.

1.2.1 Valor Agregado

Según Chase, R., *et al* (2018), define como concepto a todo aquello que añade valor económico a un producto, proceso o servicio. Una de sus principales implicaciones es maximizar el valor agregado, a través de la mejora de la calidad en el proceso productivo. Cabe mencionar que se hace referencia al término calidad total, es decir se incluye desde la

concepción del diseño, el proceso productivo, la selección de los insumos y servicio post-venta que se brinda al cliente, cada uno de ellos evaluados desde la perspectiva de variables de control.

1.2.2 Desperdicios

Como lo señala Chase, R., et al (2018), “los desperdicios son actividades, procesos, tiempo, espacio, materiales o recursos de cualquier tipo, consumidos sin aportación de valor al producto, que es posible eliminarlas del sistema. Desperdicio es todo aquello que excede a lo absolutamente necesario.” Por otro lado, la erradicación de estos desperdicios como lo menciona Cuatrecasas (2010) se puede realizar en base a la aplicación de metodología Lean, para lo cual primero se debe identificar el tipo de desperdicio y determinar la herramienta de Lean que mejor se ajuste a las características del sistema. A continuación, se presenta los siete tipos de desperdicios que sugiere Cuatrecasas (2010):

- **Sobreproducción:** Expresa tener una producción por encima de lo que requiere el cliente interno o externo. Tal efecto implicaría tener productos almacenados que representa sobrecostos de inventario de materiales, productos en proceso, maquinaria y mano de obra. Uno de los precedentes que la origina es el provocar una producción de máxima capacidad, con la finalidad de evitar que la maquinaria y mano de obra se paralicen. Otro factor causal es que la producción no esté alineada con los pronósticos de demanda.
- **Sobrepocesamiento o proceso inadecuado:** El no tener una adecuada proyección de la demanda conlleva a que la finalidad de cada proceso, sea inespecífico y poco estandarizado. Los cual significa un inadecuado uso de materiales, provocando desperdicios de recurso, tiempo excesivo o infructuoso de mano de obra.
- **Inventarios:** Los inventarios generan costos de almacenaje y transporte; por consiguiente, tienen que ser justificados para proseguir con la continuidad de cada

proceso. No obstante, los inventarios pueden ser usados para cubrir ineficiencias como: exceso de mano de obra, de *stock* de materias primas y productos terminados.

- **Transporte y manipulación innecesaria:** La mala distribución de una planta origina la manipulación innecesaria del producto; en consecuencia, podría generar el estropeo de parte o la totalidad del producto. Todo ello implica parte del desperdicio de recursos.
- **Movimientos innecesarios de las personas:** Hace referencia al movimiento innecesario del personal; por ejemplo, ir en busca de materiales o herramientas para efectuar su labor, así como desplazarse de un proceso a otro y este se encuentre distante. La causa es la distribución ineficiente de la planta.
- **Tiempos de espera:** Es considerado desperdicio tener tiempo en espera, por ejemplo, cuando se evidencia la generación de inventario de materiales, así como productos en proceso. Así mismo, cuando se observa maquinaria en mantenimiento por averías o en procesos de *setup*; o personal a la espera de la disponibilidad de maquinaria, herramientas o material de trabajo,
- **Insuficiencia en el nivel de calidad:** Se manifiesta de manera interna, cuando se producen productos que requieren reprocesarse o desecharse lo que genera pérdida de materiales o insumos, como también pérdida de tiempo y mano de obra. De manera externa, se evidencia cuando se presenta producto con algún desperfecto que no es identificado, en control de calidad, esto acarrea su reposición, pérdida del prestigio y del cliente.

Sin embargo, algunas literaturas en los últimos años incluyen un octavo desperdicio.

- **Subutilización de los empleados:** En muchos casos se subestima las ideas y destrezas del personal, e incluso la experiencia adquirida.

1.2.3 Esquemas de valor

Para una mejor visualización gráfica de las actividades que agregan valor y los desperdicios Chase, R., et al. (2018) sugiere el uso de esquemas de la cadena de valor, la cual expone el paso detallado de cada actividad realizada en un proceso, desde que inicia hasta que es entregado al cliente. El objetivo es concretarse en identificar los desperdicios de las operaciones, procesos y técnicas, para luego eliminarlos, o en su defecto retardarlo o acelerarlo, según sea conveniente. A continuación, se presenta un ejemplo de esquema de valor:

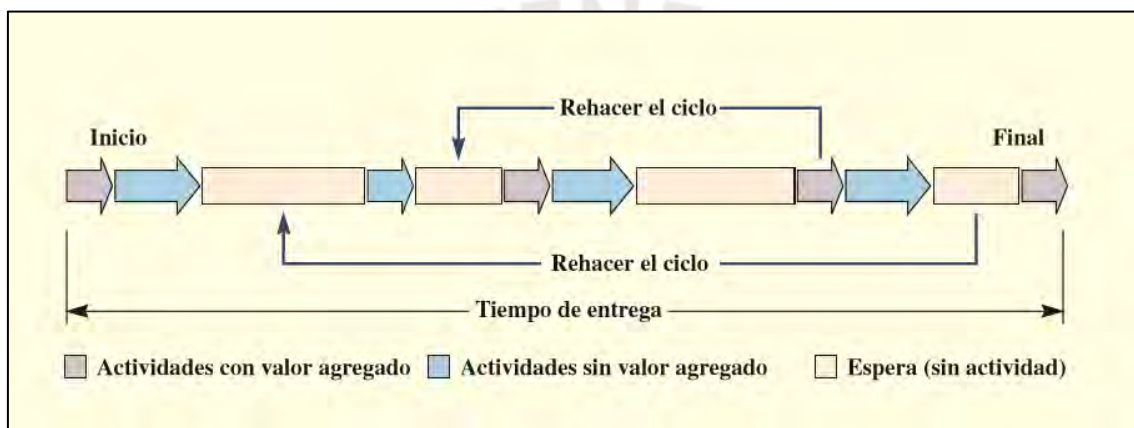


Figura 1 Ejemplo de Esquema de Valor

Tomado de "Administración de Operaciones producción y cadena de suministro", por Chase, R., et al, 2018.

1.2.4 Kaizen: Mejora continua

Según Chase, R., et al (2018), *Kaizen* es una filosofía japonesa cuyo objetivo es mejorar la maquinaria, materiales, mano de obra y metodología de producción. Por su parte, Krajewski, J., et al (2008) menciona que esta metodología consiste en la mejora continua de procesos que acarrea la identificación de modelos prácticos realizados (*benchmark*), e incentiva en el personal la pertenencia de su respectivo proceso. Lo anterior con el fin de optimizar los tiempos, reducir la cantidad de desechos de materiales y disminuir o en lo posible erradicar el número de accidentes dentro del trabajo. Por otro lado, la mejora continua también se centra como respuesta eficaz en surgimiento de algún contratiempo por parte de los clientes o proveedores,

es decir contar con una política de gestión de riesgo. De esta forma, el personal involucrado en este proceso deberá identificar y acertar en los cambios requerida. El trabajo en equipo de todo el personal y el uso de herramientas adecuadas es fundamental según esta filosofía.

1.2.5 Implementación del *Lean*

Schroeder, R, et al, (2011) menciona que esta metodología es muy compleja en su implantación, puesto que exhorta a una variación en la filosofía y cultura actual de trabajo. Sin embargo, su implementación podría generar fructíferos resultados añadiendo valor a los procesos, de esta forma la literatura sugiere implantarlo bajo 5 pasos:

- Designar un grupo de empleados, que procedan de cada departamento o nivel de la empresa, de tal forma que se represente a cada grupo.
- Dicho grupo debe identificar desde su perspectiva el valor que requiere el cliente, ya sea interno o externo.
- Elaborar un mapa con todos los pasos de este proceso, se sugiere hacer uso del VSM que líneas atrás se describió.
- Estimar la aceptación del producto al cliente
- Instaurar cambios para obtener un mejoramiento duradero para luego repetir el método en otro proceso.

1.2.6 Lean aplicado a cadenas de suministro

Los excelentes resultados de la implementación de metodología Lean Manufacturing en la mejora de procesos, conllevaron a extrapolar y especializar este concepto a otros campos, como la cadena de suministros. A partir de ello, la estrategia Lean aplicada al *Supply Chain* permite incrementar el valor añadido de la cadena y la eliminación de residuos, con el objeto de mejorar la propuesta de valor ofertada a los clientes y acorde a las prioridades competitivas de la empresa. Grassi, D. (2016) en su investigación hace mención a la definición de *lean*

supply chain propuesta por Schniederjans M. J., en el 2010, la cual expresa que este concepto es el producto de la combinación de lean y cadena de suministro, cuya gestión no sólo incluye la implementación de los principios sugeridos en la manufactura esbelta, además incluye la planeación de estrategias que generen sinergia entre los eslabones.

1.2.7 Principios de lean supply chain

La gestión ajustada en la cadena de suministros, como lo menciona la EAE Business School (2015), promueve la utilización mínima de recursos que conlleven a una producción deseada de inventarios cero y con enfoque *Just in time*. Para lograr ello, se debe implementar un sistema de mejora continua *Kaizen* que permita de manera eficaz eliminar los residuos propios de la cadena de suministros. De esta forma, el *lean supply chain* propone cinco principios, según EAE Business School (2015):

- **Comprender al cliente:** Con la finalidad de reconocer sus necesidades y entenderlo. Considerar que la mejora continua tiene como objetivo el aumento inmediato de los niveles de satisfacción del cliente.
- **Anteponer el sistema *pull*:** La cadena debe ajustarse a estrategias de tirón orientadas al consumidor. La gestión debe evitar sistemas reactivos, que son poco ágiles y generan exceso de inventarios.
- **Promover el flujo de información:** El intercambio de información y datos de calidad a lo largo de la cadena debe incluir la participación activa de socios, proveedores y clientes. Para lo cual, se debe establecer y alinear sistemas de procesos interfuncionales, que garanticen la integración de los componentes de la cadena de suministro.
- **Evaluar la generación de desechos relacionada con el inventario:** En esta etapa se determina las áreas más críticas que impulsan valor y aquellas que no. Dentro de los

principales desperdicios se encuentra el exceso de provisiones, la ausencia de estrategia de transporte, imprecisión en la definición de inventario, proliferación de tiempos de espera, desplazamiento injustificado de empleados, servicios o productos defectuosos.

- **Buscar la generación de valor:** A través de una mejora continua e innovación, con el objetivo de alcanzar cinco metas fundamentales: la entrega el producto adecuado, la cantidad exacta, en el momento preciso (sin demoras), en el lugar acordado.

1.3 Reingeniería y mejora continua

Actualmente, las empresas en búsqueda de mejorar su rentabilidad y sostenibilidad, vienen invirtiendo y diseñando estrategias que permitan mejorar la eficiencia de sus procesos, aumentar la productividad y conseguir ventajas competitivas. En tal sentido, la reingeniería de procesos y la mejora continua juegan un rol trascendental para la mejora radical en la organización, estructura y procesos. El primero de los conceptos según Cuatrecasas, L. (2011), se define como “la revisión total y el consecuente rediseño profundo de los procesos, para lograr mejoras espectaculares en aspectos importantes como los costes, calidad, servicios, tiempo, etc”. Por su parte, los líderes filosóficos del movimiento de calidad Philip Crosby, W. Edwards Deming y Joseph M. Juran sugieren que para alcanzar calidad sobresaliente se requiere de la mejora continúa basada en un análisis riguroso de los procesos. De esta forma, el ciclo de Deming sugiere 4 pasos deberán trabajarse de manera continua, que son descritos por Krajewski, J., et al (2008):

Planear: Después de evaluar las alternativas para lograr la meta, se debe establecer un plan utilizando medidas cuantificables.

Hacer: Ejecuta el plan y visualiza los procesos.

Comprobar: Compara los resultados con el plan establecido, y en caso encuentre diferencias, revaloriza el plan.

Actuar: Si el resultado es favorable, el equipo capacita a otros empleados.

1.4 Método Sistemático

Para garantizar la eficiencia en el desarrollo e implementación de estas metodologías, se debe realizar un análisis de procesos. A su vez, Krajewski, J., Ritzman, L & Malhotra M. (2008) señalan que “se parte de un método sistemático para analizar un proceso, que identifica oportunidades para mejorar, documenta el proceso actual, lo evalúa para detectar brechas de desempeño, rediseña el proceso para eliminar vacíos e implementa los cambios deseados”. El método sistemático antes descrito se ciñe a los siguientes pasos, según lo sugiere la literatura antes mencionada:

PASO 1 Identificar oportunidades: Se debe analizar los procesos relacionados con los proveedores, desarrollo de nuevos servicios y productos, surtidos de pedidos y relación con los clientes. De esta manera, se debe estudiar los aspectos estratégicos e identificar las brechas entre las prioridades competitivas del proceso y sus actuales capacidades. Así como, establecer un sistema de sugerencias de mejora propuestas por los colaboradores.

PASO 2 Definir el alcance: Se establece los límites del proceso a analizar, de tal manera que los recursos asignados por la gerencia correspondan al alcance del proyecto.

PASO 3 Documentar el proceso: La documentación debe incluir una lista de insumos, proveedores tanto internos como externos, productos y clientes (internos y externos) del proceso. El objetivo de este paso radica en entender los diferentes pasos realizados en el proceso, usando diagramas, tablas y gráficos. Además, se añade las actividades visibles para el cliente.

PASO 4 Evaluar el desempeño: El proceso debe contar con un sistema de mediciones del desempeño y descubrir las principales falencias para mejorarlo. De esta manera se crean múltiples mediciones de calidad, satisfacción del cliente, tiempo de operación de cada

actividad, costos, errores, seguridad, mediciones ambientales, entrega a tiempo, flexibilidad, entre otras. Así mismo, deben ser comparados en función a los niveles deseados dependiendo las prioridades competitivas.

PASO 5 Rediseño del proceso: A partir de un análisis exhaustivo del proceso y su desempeño, en base a mediciones seleccionadas, expone las brechas entre el desempeño real y el deseado. De esta manera, las posibles causas pueden deberse a pasos ilógicos, faltantes o superfluos, para los cuales se diseñan ideas de mejora justificables, que reflejen beneficios en los procesos.

PASO 6 Implementar los cambios: En este paso se traza un plan y se lleva a cabo. La participación generalizada es esencial porque requiere el compromiso. La implementación implica inversión en nueva tecnología y capacitación; y pone en marcha los pasos necesarios para el proceso rediseñado.

1.5 Herramientas de diagnóstico de procesos

Cada una de las etapas antes descritas requieren de herramientas con alto nivel de detalle que permitan documentar, evaluar y diagnosticar procesos, según sea el objetivo de cada fase. De esta manera, D'Alessio, I. F. (2004) describe que la relevancia del uso de estas herramientas radica en poder identificar y medir variables para luego comparar con alguna referencia o estándar que permita organizar ideas, emitir juicios objetivos, y concluir con la toma de decisiones.

1.5.1 Herramientas para el conocimiento y documentación del proceso

Diagrama de Flujo o Mapa de Procesos

Según Krajewski, J. *et al* (2008) sugiere que un diagrama de flujo es aquel que “detalla el flujo de información, clientes, equipo o materiales a través de los distintos pasos de un proceso”. Por consiguiente, D'Alessio, I. F. (2004) realiza un símil entre los diagramas de flujo como fotografías o radiografías del proceso, y enfatiza que la mejor manera de describirlos es

a partir de la experiencia de los operarios que lo usan y conocen bien. La simbología que utiliza este diagrama son rectángulos que presentan las actividades, el flujo como flechas, y si este atraviesa por un punto de decisión, se coloca la interrogante enmarcada en forma de un diamante, desde donde se distribuye las diferentes opciones. A continuación, se muestra un ejemplo del diagrama de flujo:

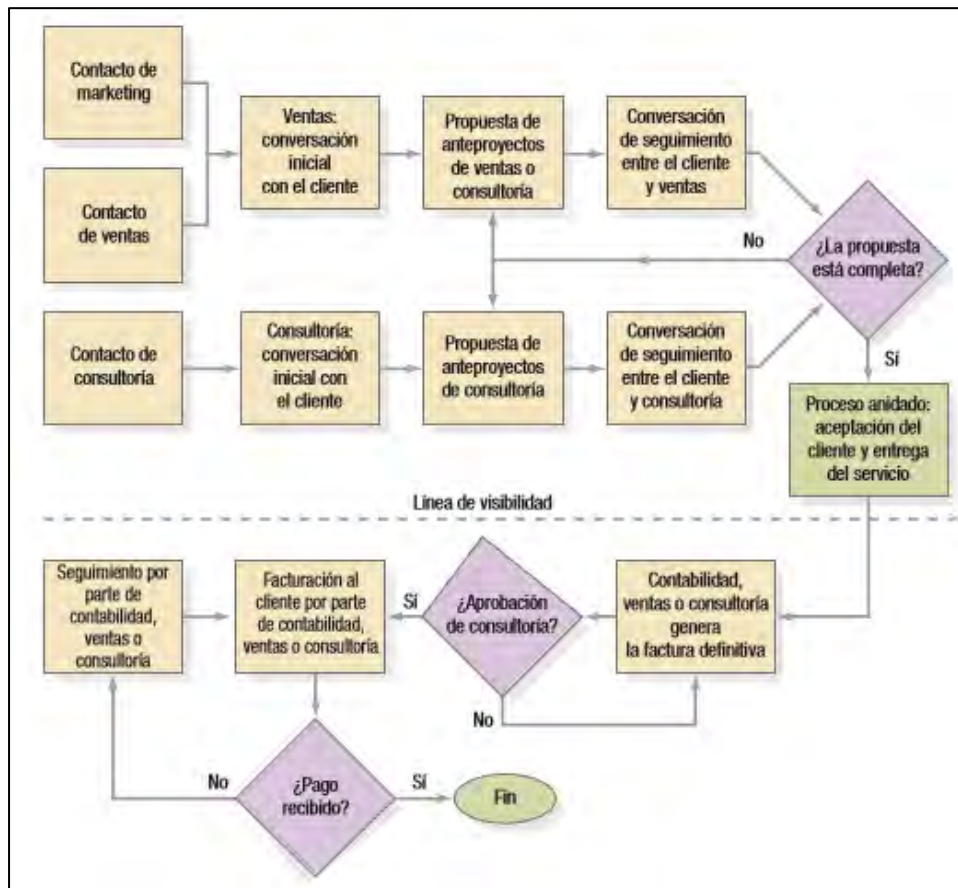


Figura 2 Ejemplo de Diagrama de Flujo del Proceso de Ventas de una Empresa Consultora
Tomado de “Administración de Operaciones”, por Krajewski, J., et al, 2008.

Por su parte, Schroeder, R. Meyer, S. & Rungtusanatham, J. (2011) describen la representación del mapa de procesos desde la perspectiva de la corriente de valor, cuya implementación es usada en sistemas y análisis esbeltos. La finalidad de este modelo es mostrar las relaciones del proceso y exponer las operaciones de transporte, inspección, demoras y almacenamiento que no añaden valor. A partir, del levantamiento de dicha información y una

adecuada formulación de preguntas a los actores involucrados, en lo posible debe eliminar los desperdicios o pasos innecesarios. En cuanto a la simbología utilizada en este diagrama se clasifica en cinco categorías:

- **Operación:** Se representa a través de un rectángulo que muestra la ejecución de alguna actividad
- **Transporte:** El movimiento de un lugar a otro de una persona, material, herramienta o parte de un equipo, se simboliza con una flecha.
- **Inspección:** En esta actividad se revisa o verifica el estado del proceso hasta esa operación, se grafica como un cuadrado.
- **Esperas:** Ocurre cuando el proceso se detiene o debe esperar para continuar con el flujo, se representa con símbolo en forma de “D”.

A continuación, se presenta un ejemplo de este tipo de mapa de procesos:

Producto graficado		Departamentos de productos alimenticios, lácteos, carne		GRÁFICA DEL PROCESO DE FLUJO				Resumen	Actual	Prop.	Ahorro
Operación	Recolección							¿Puedo eliminar?	¿Puedo combinar?	¿Puedo cambiar la secuencia?	¿Puedo simplificar?
Graficado por	RGS							Transportes	5		
Gráfica número	01	Hoja 1 de 1						Inspecciones	1		
Fecha	8/1/02							Demoras	5		
								Almacenamientos	0		
								Tiempo			
								Distancia	215		
Distancia en metro	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Demoras	Tienda	Presente <input checked="" type="checkbox"/>	Propuesto <input type="checkbox"/>	Descripciones	Notas	
1	5	●	→						La computadora imprime las hojas de la orden		
2	90		→						Al almacén		
3	120		→						En la mesa de distribución		
4	3	●	→						Se separa de acuerdo con las áreas de trabajo		
5	30		→						Se lleva a los puntos de inicio		
6	80		→						Se espera al recolector de la orden		

Figura 3 Ejemplo de Fragmento de Mapa de Proceso y su Simbología

Tomado de “Administración de Operaciones”, por Schroeder, R, et al, 2011.

Planos de Servicios

Este flujo específico para procesos de servicios permite identificar la cantidad y grado de contacto con el cliente. En este diagrama se utilizan elementos distintivos como colores, líneas de visibilidad, o cambio de formas que destaquen el grado y tipo de contacto con el cliente. Así mismo, para complementar la información que otorga el diagrama, según lo señala Chase, R., *et al* (2018) se incluye los *poka-yokes* que se definen como procedimientos que impiden que los errores inevitables se conviertan en un defecto del servicio. De esta manera, estas acotaciones se clasifican en métodos de aviso, métodos de contacto físico o visual, y las llamadas tres t: tarea por realizar, trato al cliente y características tangibles del entorno del local de servicios. En seguida, se muestra un ejemplo aplicativo del plano de servicios:

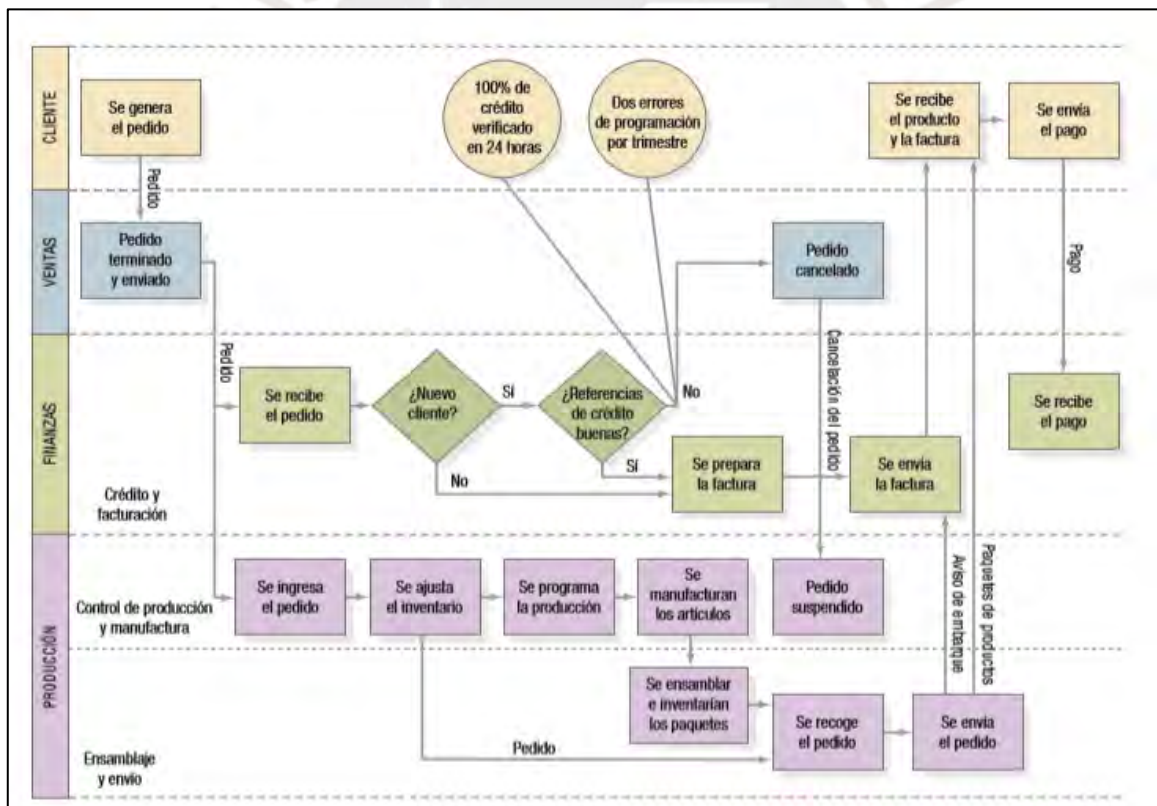


Figura 4 Ejemplo de Fragmento de Plano de Servicios

Tomado de "Administración de Operaciones", por Krajewski, J., et al, 2008.

1.5.2 Herramientas para el análisis de datos

Hoja de verificación:

Schroeder, R. et al (2011) menciona que la importancia de la recopilación de datos en proceso a través de un formato tabular, llamado hoja de verificación. El contenido que alberga el documento en mención son las frecuencias con las que se repite ciertas características de un proceso que son observadas durante intervalos periódicos. El uso de esta herramienta es recurrente para evaluaciones relacionadas con el desempeño de procesos.

Hoja de verificación	
observación	datos
1	
2	
3	
4	
5	

Figura 5 Ejemplo de Hoja de Verificación

Tomado de “Administración de Operaciones”, por Schroeder, R, et al, 2011.

Histogramas y gráficos de barras

La representación gráfica expone con mayor visibilidad, la frecuencia de los resultados de las listas de verificación. En tal sentido, Krajewski, J., et al (2008) sostiene que “un histograma resume los datos medidos sobre una escala continua, que muestra la distribución de frecuencia de alguna característica de la calidad (en términos estadísticos. la tendencia central y la dispersión de los datos).”

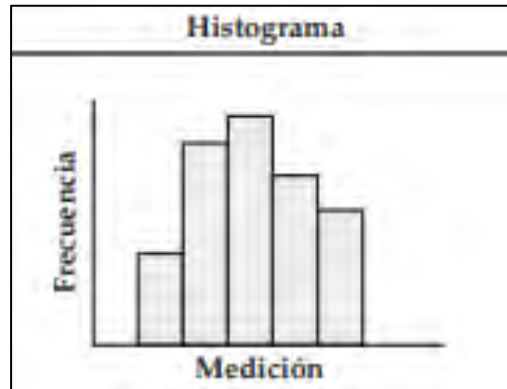


Figura 6 Ejemplo de Hoja de Histograma

Tomado de "Administración de Operaciones", por Schroeder, R, et al, 2011.

Gráfico de Pareto

Según D'Alessio, I. F. (2004), este diagrama diseñado por el famoso matemático italiano, sostiene que el 80% de los problemas son producto del 20% de causas. De esta forma se cumple la ABC. Después de identificados los problemas se debe priorizar la resolución de aquellos que presenten mayor frecuencia en el diagrama, es decir ese 20% previamente identificado.

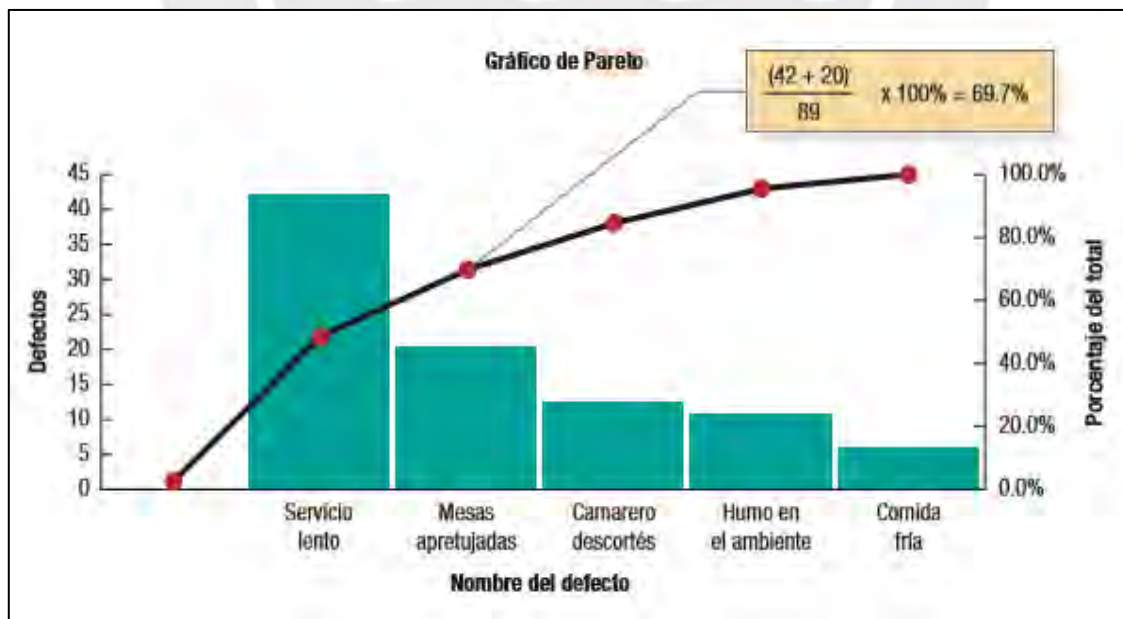


Figura 7 Ejemplo de Gráfico de Pareto

Tomado de "Administración de Operaciones", por Krajewski, J., et al, 2008.

Diagrama de dispersión

De acuerdo a lo mencionado por Schroeder, R. et al (2011), el diagrama de dispersión expone la relación entre dos variables. En caso se identifica la dependencia directa o inversa de una de las variables, la relación aparecerá como una línea o curva que, si bien la estadística no prueba las causas y efectos, a partir de esta se puede determinar una correlación. Por su parte, D'Alessio, I. F. (2004) propone que es útil determinar la correlación entre variables en los siguientes casos:

- Identificación de factores correlacionados con las características de calidad.
- Determinación de rangos óptimos de una variable donde se establece ciertas características de control.
- Comparación de resultados de “medidas precisas y medidas simples, pruebas destructivas y no destructivas, y para seleccionar características sustitutivas y métodos de realización de mediciones y experimentos.”

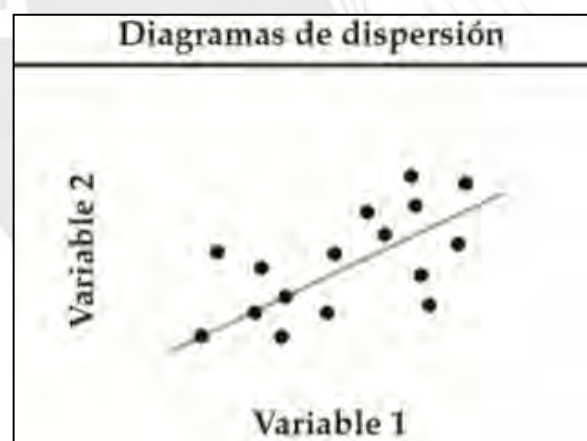


Figura 8 Ejemplo de Hoja de Verificación

Tomado de “Administración de Operaciones”, por Schroeder, R, et al, 2011.

Diagrama de Causa y Efecto (Espina de Pescado)

Según Chase, R., et al (2018), estos diagramas también denominados Ishikawa o espina de pescado “muestran las relaciones propuestas hipotéticamente entre causas potenciales y el

problema que se estudia. Cuando se tiene un diagrama de causas y efectos, el análisis tendría la finalidad de averiguar cuál de las causas potenciales contribuía al problema”. En tal sentido, una de las aplicaciones de este diagrama propuesta en Montgomery (2006), es “ilustrar las diferentes fuentes de disconformidades de los productos y sus interrelaciones”. Finalmente, como lo menciona Krajewski, J., et al (2008), “el proceso de construir un diagrama de causa y efecto obliga a los gerentes y trabajadores a concentrar su atención en los principales factores que afectan calidad del producto o servicio”. A continuación, se presenta el esquema de esta herramienta.

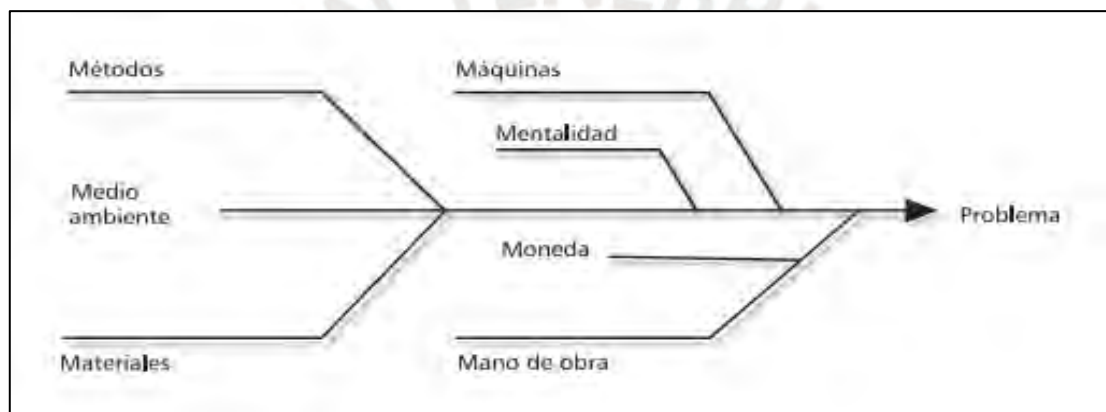


Figura 9 Ejemplo de Diagrama de Causa y Efecto

Tomado de “Administración de Operaciones”, por D’ Alessio, 2002.

Flujo de valor o Value Stream Mapping (VSM)

Esta herramienta proviene de la filosofía de sistemas esbeltos, y su objetivo es mostrar de manera cualitativa los conocidos “desperdicios” a lo largo de la cadena de suministros, con la finalidad de eliminarlos. De acuerdo a lo mencionado por Krajewski, J., et al (2008), para diagramar este flujo primero se debe agrupar una familia de productos; seguidamente, se debe dibujar el mapa de la situación actual de producción, bajo la simbología que se presenta en la Figura 9. En este primer flujo, se señalan los tiempos reales en cada proceso: tiempo de ciclo (C/T), tiempo de preparación o cambio (C/O) y tiempo útil. Así mismo, se interrelaciona lo

procesos mostrando el flujo de información e inventarios entre ellos, se expone el número de trabajadores requeridos para cada operación, los tamaños de empaque y tasa de desperdicio. A partir de la información levantada en este diagrama, los analistas pueden aplicar las metodologías de sistemas de mejora continua y crear estrategias de nivelación carga de trabajo, implementación de sistemas *pull*, tarjetas *kanban*, entre otras técnicas. Mas antes de la implementación del sistema de mejora se recomienda graficar el VSM de la situación futura, con el objeto de validar la viabilidad de los cambios realizados. Finalmente, si todo resulta adecuado se implementa el plan de trabajo. A continuación, se expone la simbología utilizada en este diagrama, así un esquema del mapa presentado.

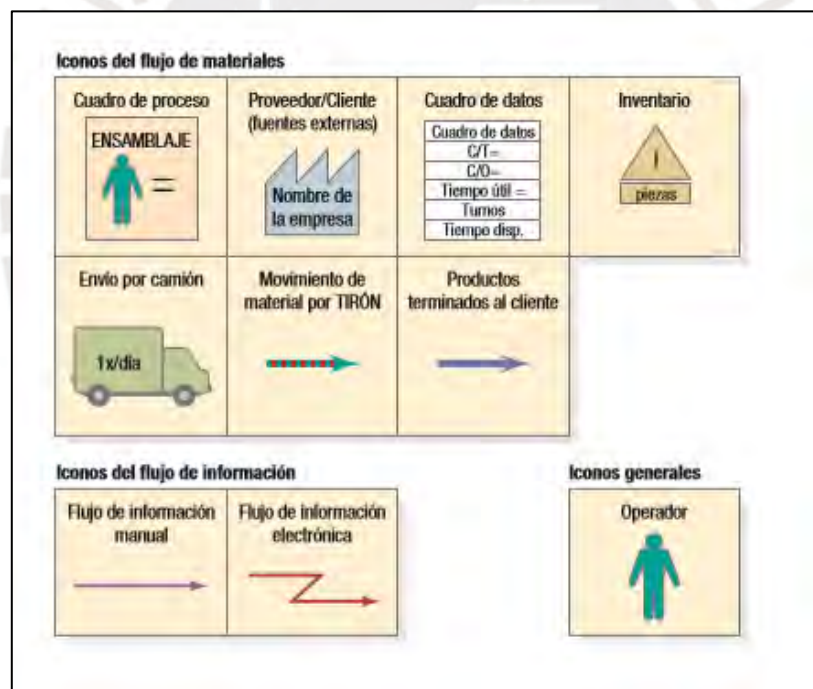


Figura 10 Símbolo de los Elementos Utilizados en el VSM

Tomado de "Administración de Operaciones", por Krajewski, J., et al, 2008.

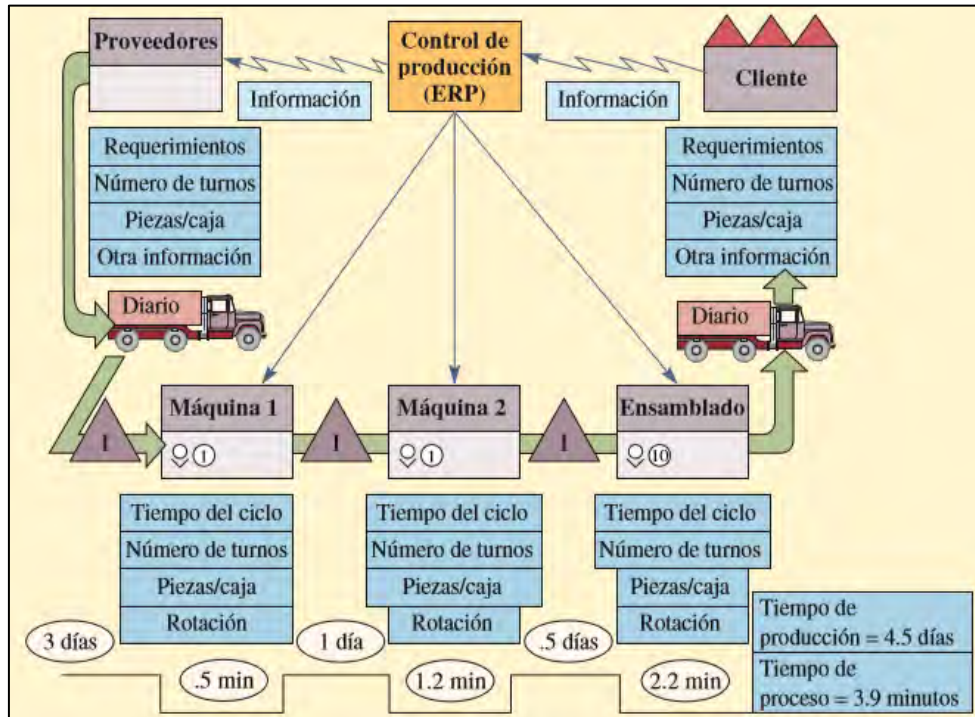


Figura 11 Ejemplo de Diagrama de Flujo del Proceso de Ventas de una Consultora

Tomado de "Administración de Operaciones", por Krajewski, J., et al, 2008.

CAPÍTULO II. CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo, se expone casos de empresas a nivel mundial y de Latinoamérica que optimizaron sus cadenas de suministro, a través de la implementación la herramienta MRP y la filosofía Lean. Para ello, se describe brevemente la problemática que afrontaban, seguida de la metodología que emplearon y el impacto sobre sus indicadores de rendimiento. Finalmente, el estudio culmina con la presentación de una discusión acerca de los factores endógenos y exógenos que podrían limitar la implementación de sistemas Lean.

2.1 Mejora en la Cadena de Suministro

Las empresas en búsqueda de alcanzar una participación considerable en el mercado que le genere alta rentabilidad, y le permita ser sostenibles en el tiempo, desarrollan una serie de estrategias corporativas y competitivas. Sin embargo, la mayoría de empresas, dichas estrategias las desvincula del plan estratégico de su cadena de suministro; es decir, la planeación detallada, programación y ejecución de sus operaciones. Así mismo, el tratamiento de la información de la demanda es analizada tradicionalmente por el área comercial, sin interaccionar con otros frentes como producción, logística y finanzas. Por consiguiente, en algunos casos no existe una conciliación de pronóstico que se ajuste a las capacidades operacionales.

En consecuencia, en la práctica de grandes y medianas empresas, la capacidad de respuesta y eficiencia de la cadena de suministro se ven afectadas, principalmente por largos tiempos de despacho, altos niveles de inventario o en su defecto *shoretage* que conlleva a un impacto económico negativo. No obstante, en la presente investigación se expone casos de grandes, medianas y pequeñas empresas que mejoraron sus estrategias en su cadena de suministro en las tres directrices logísticas: inventario, almacenes y distribución, a través de la implementación de la metodología Lean y la herramienta MRP.

2.2 Implementación de MRP como herramienta de mejora

2.2.1 Casos de implementación de MRP

Caso 1: Situación actual de las MYPES en el Perú

El nivel de emprendimiento en el Perú es reconocido a nivel global; en línea con ello es importante destacar el rol que desempeña la micro y pequeña empresa en la economía del país. De acuerdo a las estadísticas de la Dirección Nacional del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2019), el 19% del PBI peruano fue producto del trabajo de las MYPES, cuyos empleados representan alrededor de 46,8% de la población económicamente activa (PEA). Sin embargo, el estudio realizado por Avolio, B., Mesones, A. & Roca, E. (2011) acerca de factores que limitan el crecimiento de la Micro y Pequeñas Empresas en el Perú (MYPES), menciona que en el país “se estima que 9.2 millones de peruanos están involucrados en una actividad emprendedora, de los cuales el 75% tiene un periodo de operaciones de entre 0 y 42 meses, y el restante 25% sobrepasó este periodo, considerándose como empresas consolidadas”. Este deceso identificado es preocupante porque demuestra que el índice de mortalidad de las MYPES es menor de 4 años, cuyas causas pueden clasificarse en administrativas, operativas, estratégicas, externas y personales.

De esta forma, la investigación cualitativa realizada a 50 de estas empresas, reveló una interesante clasificación y frecuencia de los factores que limitan el crecimiento, como se observa a continuación:

Tabla 1

Factores que Limitan el Crecimiento de las MYPES en el Perú

Área	Factores	Frecuencia
Administrativos	Gestión de recursos humanos	38
Administrativos	Temas contables y financieros	20
Administrativos	Gestión administrativa	19
Administrativos	Capacitación	16

Operativos	Estrategias de marketing	22
Operativos	Establecimiento de precios	22
Operativos	Producción	21
Operativos	Control de inventarios	11
Operativos	Proveedores	2
Estratégicos	Acceso a capital	31
Estratégicos	Investigación de mercados	30
Estratégicos	Planeamiento a largo plazo	20
Externos	Corrupción/informalidad	26
Externos	Tecnología	22
Externos	Competencia	7
Externos	Estado	7
Personales	Motivación de terceros	11
Personales	Educación	7
Personales	Experiencia	7

Nota. Tomado de “Factores que limitan el crecimiento de las Micro y Pequeñas Empresas en el Perú”, por Avolio, B., Mesones, A. & Roca, E., 2011.

A partir del resultado estadístico, se observa que los problemas operativos como producción y control de inventarios, tienen una alta recurrencia como limitante de crecimiento en este tipo de empresas. Por ejemplo, respecto al control de inventarios “la mayoría de los empresarios entrevistados posee conocimientos muy básicos; y lo llevan manualmente, generando un mayor costo por el tiempo invertido en el registro de los movimientos de entrada y salida”, según lo mencionan Avolio, B. et al (2011). Ello se refuerza con la declaración brindada por un empresario que demuestra de primera mano, la realidad de la gestión logística en las MYPES: “En realidad, nuestro control es bien sencillo, lo llevamos nosotros mismos, nosotros sabemos cuánto material tenemos en el almacén y cuánto vamos despachando, no tenemos un sistema que nos ayude con esto”.

Como es evidente, la mayoría de las pequeñas y medianas empresas, no prestan la atención debida a la implementación de un sistema de gestión de inventarios y herramientas que permitan la mejor planificación; lo cual conlleva a altos costos de mantenimiento de inventario,

gastos por pérdidas de materia prima, e inclusive podría ser un factor determinante para la quiebra de una empresa. Ante esta situación, veremos a continuación el caso de dos empresas que a partir de la implementación de una MRP tuvieron un impacto financiero significativo.

Caso 2: Caso de industria textil peruana

Este caso fue expuesto en el Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI). De acuerdo a lo señalado por sus autores Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E. (2019), la empresa a evaluar pertenece al sector textil y forma parte del 93.5% de la fuerza de PYMES que labora en el Perú. A continuación, se presenta los ratios de la compañía al inicio de la investigación y la comparación con los valores promedios de la industria, correspondientes al periodo de evaluación (2018):

Tabla 2

Ratios de la Compañía al Inicio de la Investigación

Ratio	Valor en la industria	Valor en la empresa
Rotación de inventario	Entre 4 -5 veces por año	1,69 veces al año
Días de inventario	2 meses	7,09 meses
Rentabilidad sobre los activos	Entre 16% - 17%	11,54%
Porcentaje de error en el pronóstico	Entre 10% - 20%	Mayor a 40%
Gastos de inventario	Entre 35% - 40% del total de los costos	55% del total de los costos

Nota. Tomado de “*S&OP impact on inventory management in a Peruvian textile Company*”, por Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E., 2019.

Como se evidencia, la compañía presenta bajo grado de rotación anual de sus inventarios, 1.69 veces en comparación al promedio que oscila entre 4-5 veces ejercido en la industria. Así mismo, su periodo de días de inventario demuestra que el tiempo requerido por el negocio para convertir sus inventarios en ventas es de 7.09 meses, cuando el promedio en el sector es de 2 meses. Ambos indicadores traducen el alto volumen de existencias que mantiene la empresa, y

cuyo impacto financiero se ve afectado, tal como se evidencia en el ROA. Este último indicador que muestra la rentabilidad sobre las inversiones, dígame maquinaria, inventario, entre otros; si bien es cierto, clasifica a la empresa como rentable por ser superior al 5%, aún el margen viene siendo menor en comparación a la industria. Así mismo, el caso expone que la empresa recae en un 40% de error en su pronóstico de ventas, este alto margen de variabilidad podría significar un sobrestock o una rotura; mas de acuerdo a los indicadores previamente analizados estaríamos en el primer caso.

Ante esta problemática, se planteó la implementación de la herramienta Sales and Operations Planning (S&OP) y desarrollo de un Plan Maestro de Producción (MRP); el primero con la finalidad de eliminar los desperdicios en el proceso de pronósticos y el segundo como herramienta estratégica de planificación de compras y producción permanente. En la Figura 12, se presenta el proceso de mejora continua establecido en la empresa, cabe señalar que este diseño está sujeto a la metodología S&OP.

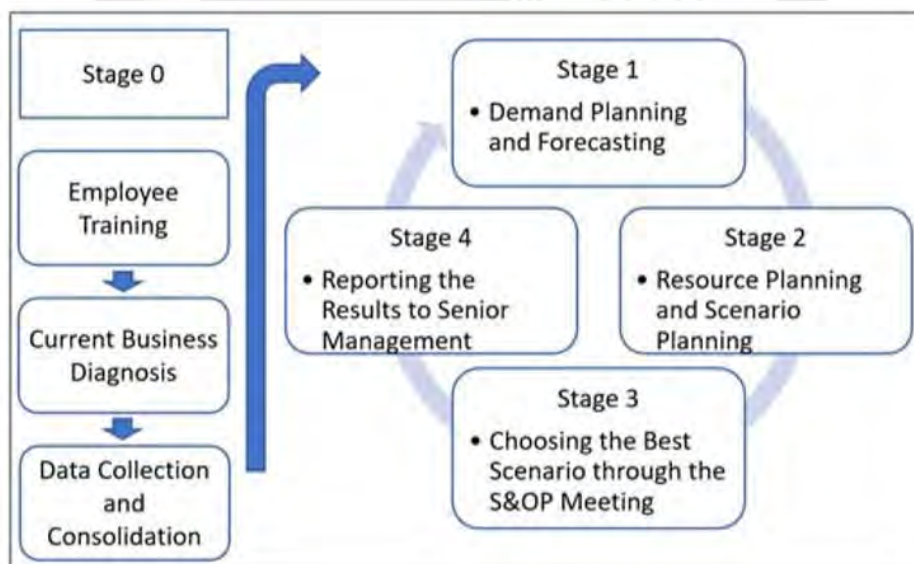


Figura 12 Etapas de la Implementación de la Metodología S&OP en la Compañía Tomado de “S&OP impact on inventory management in a Peruvian textile Company”, por Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E., 2019.

La etapa cero, consistió en capacitar a los trabajadores, tanto operarios como administrativos, con la finalidad de que conozcan y entiendan la dinámica y objetivos que

persigue la herramienta S&OP, lograr un mejor ajuste en el pronóstico de la demanda, y por ende reducir niveles de inventario. Una vez alineado el objetivo, involucrando y comprometiendo a los trabajadores, se inició la etapa de recolección y consolidación de data, cuyos indicadores arrojaron el panorama cuantitativo antes descrito.

En seguida, en base a la información recolectada se determinó la técnica de pronóstico de demanda que más se ajusta a la realidad de la empresa. Para ello, según lo señala el caso de estudio, se evaluaron tres técnicas de pronósticos por cada familia de productos (pantalones y overoles), obteniendo en ambos casos que el modelo de regresión lineal alcanza menor error de pronóstico.

En la segunda etapa, en base al pronóstico ajustado se propuso diversos escenarios y para cada uno se desarrolló un plan agregado de producción (PA), un plan maestro de producción (PMP), y un plan de requerimientos de materiales (MRP) con la finalidad de determinar los niveles de producción apropiados para la compañía.

La siguiente etapa, a través de un consenso que contó con la participación de todas las áreas involucradas en la cadena de suministros, determinó el escenario con mayor aproximación a la realidad del mercado y negocio; y con ello se reestructuró la estrategia de operación, alineada con las estrategias competitivas de la empresa. Finalmente, los resultados obtenidos con la implantación de esta mejora fueron presentados al gerente de la empresa.

Se presenta a continuación, los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las herramientas antes mencionadas:

- **Mejora del pronóstico de ventas:** como se muestra la variabilidad en el pronóstico disminuyó sustancialmente en ambas familias de productos, en la siguiente tabla se expone el porcentaje de diferencia entre la demanda real y el pronóstico de ventas realizado por la empresa en el horizonte de enero a mayo del 2019.

Tabla 3

Porcentaje de la Diferencia Entre el Pronóstico y la Demanda en el 2019

Mes (2019)	Diferencia de porcentaje pantalones	Diferencia de porcentaje de overoles
Enero	10%	12%
Febrero	5%	5%
Marzo	4%	12%
Abril	-1%	-5%
Mayo	10%	12%

Nota. Tomado de “*S&OP impact on inventory management in a Peruvian textile Company*”, por Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E., 2019.

- **Reducción de costos fijos y variables de producción:** El ajuste en el pronóstico de ventas, tiene un efecto directo sobre el nivel de producción. De esta forma, la empresa incurrió en una considerable reducción de costos tanto variables como fijos, cuyos porcentajes se muestran a continuación:

Tabla 4

Porcentaje de Reducción de Costos Fijos y Variables

	Pantalones	Overoles
Reducción de costo aplicando estrategia variable	34%	71%
Reducción de costo aplicando estrategia constante	28%	55%

Nota. Tomado de “*S&OP impact on inventory management in a Peruvian textile Company*”, por Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E., 2019.

En cuanto a la repercusión económica de la implementación de la MRP, se evidenció una disminución del costo de adquisición de materiales de \$8,318.64 a \$5,562.12, incurridos en el 2018 y 2019 respectivamente; lo que representa un ahorro del 33.14%.

- **Incremento de la rotación de la demanda:** La mejora en los niveles de inventario y su mayor flujo en el mercado se evidencia a través de los siguientes indicadores de rotación de inventario y periodo de venta de inventario.

Tabla 5

Comparación del Grado de Rotación de Inventario Entre el 2018 y el 2019

Ratio	2018	2019
Rotación de inventario	2,90 veces al año	4,01 veces al año

Nota. Tomado de “*S&OP impact on inventory management in a Peruvian textile Company*”, por Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E., 2019.

Tabla 6

Comparación del Tiempo de Venta del Inventario Antes y Después de la Mejora

Ratio	Antes de S&OP	Después de S&OP
Días de inventario	4,14 meses	1,65 meses

Nota. Tomado de “*S&OP impact on inventory management in a Peruvian textile Company*”, por Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E., 2018.

Por otro lado, S&OP es un proceso de mejora continua que está presto a adoptar a las innovaciones del mercado; por ejemplo, el comercio electrónico que viene creciendo exponencialmente en los últimos años. De esta manera Jain, C. L. (2019), señala que uno de los grandes desafíos es incluir un equipo especialista en *e-commerce* dentro del proceso de S&OP que permita gestionar e incrementar el nuevo canal de demanda. El tratamiento de este canal es de vital importancia, puesto como lo señala el autor no considerarlo ha significado una perjudicial caída en ventas a negocios minoristas tradicionales. La ventaja de este tipo de marketing objetivo y de suscripción es que permite conocer de fuente primaria las necesidades del cliente y responder de manera eficaz al dinamismo global del mercado que cada vez responde con mayor agresividad. Como explícitamente lo menciona Jain, C. L. (2019), “Los

mercados ahora son demanda, no oferta impulsada”, que en línea con la filosofía Lean, permite una planificación con sistemas *pull*.

Caso 3: Caso de industria del calzado ecuatoriana

Esta investigación realizada por Zambrano, D., Arguello, L., Dominguez, J. & Bautista, E. (2018), publicada en la revista científica *El dominio de las ciencias*, exhibe la mejora en el control de producción y planificación de los centros de trabajo de la empresa ecuatoriana Bazking. La empresa antes mencionada pertenece al sector de la fabricación de calzado en Guayaquil, y al igual que muchas MYPES, no contaba con una estrategia de planificación y control de su producción. Por consiguiente, la empresa presentaba problemas para la entrega de sus pedidos a tiempo. A partir de ello, los investigadores propusieron la implementación de un Plan Maestro de Producción (PMP) y un Plan de Requerimiento de Materiales (MRP) que permita satisfacer la demanda de forma eficaz, y minimizar costes de mantenimiento de inventario. El trabajo se estructuró bajo 5 herramientas de estrategia de planificación:

- **Plan Maestro de Producción (PMP):**

Esta herramienta, en base a un pronóstico de demanda, permite determinar el nivel y el tiempo preciso de producción, para conocer las fechas de disponibilidad de productos finales, en el corto-mediano plazo; para evitar una sobrecarga y subutilización de la planta. A continuación, se presenta un fragmento del Plan Maestro de Producción que trabaja la empresa.

Tabla 7

Plan Maestro de Producción

	Semanas							
	Noviembre				Diciembre			
Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8
Inventario inicial	25	-	25	-	25	-	23	-
Pronóstico	17	-	30	-	28	-	30	-
Pedido	30	-	23	-	32	-	25	-

MPS	30	-	30	-	30	-	30	-
Inventario final	25	-	25	-	23	-	23	-

Nota. Tomado de “Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN”, por Zambrano, D., Arguello, L. Domínguez, J. & Bautista, E, 2018.

Como se evidencia en la Figura 19., a partir de la implementación de esta herramienta Bazking planifica su producción, bajo los siguientes parámetros: El inventario inicial de 25 pares de zapatos, un lote de producción de 30, e incluye un periodo de planificación de 8 semanas. Considerando que la fabricación requiere 12 horas por el calzado.

▪ **Lista de materiales (BOM):**

Se elaboró una lista detallada de los insumos y materiales para la fabricación de un par de calzado, como se refleja a continuación:

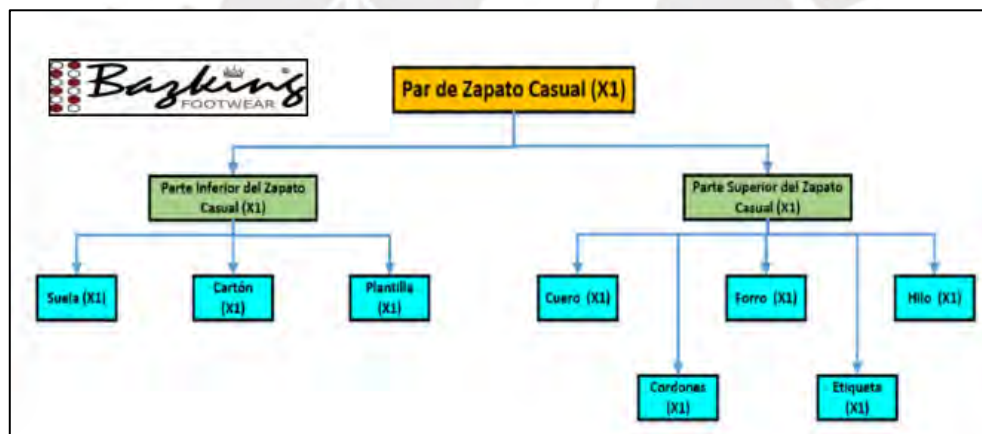


Figura 13 Lista de Materiales Para Elaboración de Zapato Casual

Tomado de “Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN”, por Zambrano, D., Arguello, L. Domínguez, J. & Bautista, E, 2018.

▪ **Plan de Requerimientos de Materiales (MRP):**

Esta herramienta, en base al PMP y la lista de materiales permitió establecer un calendario de pedidos para cada uno de los insumos y materiales involucrados en el proceso de fabricación del calzado casual (producto patrón), así como determinar la fecha de lanzamiento de órdenes

de producción. Además, permitió conocer a la empresa el volumen de requerimiento de cada materia prima, y ajustarlo a las políticas de lote propuestas por el proveedor de la empresa.

▪ **Rutas de producción:**

Se denota el flujo de la materia prima y continua transformación, a través de los procesos productivos. Como se observa en la siguiente figura:

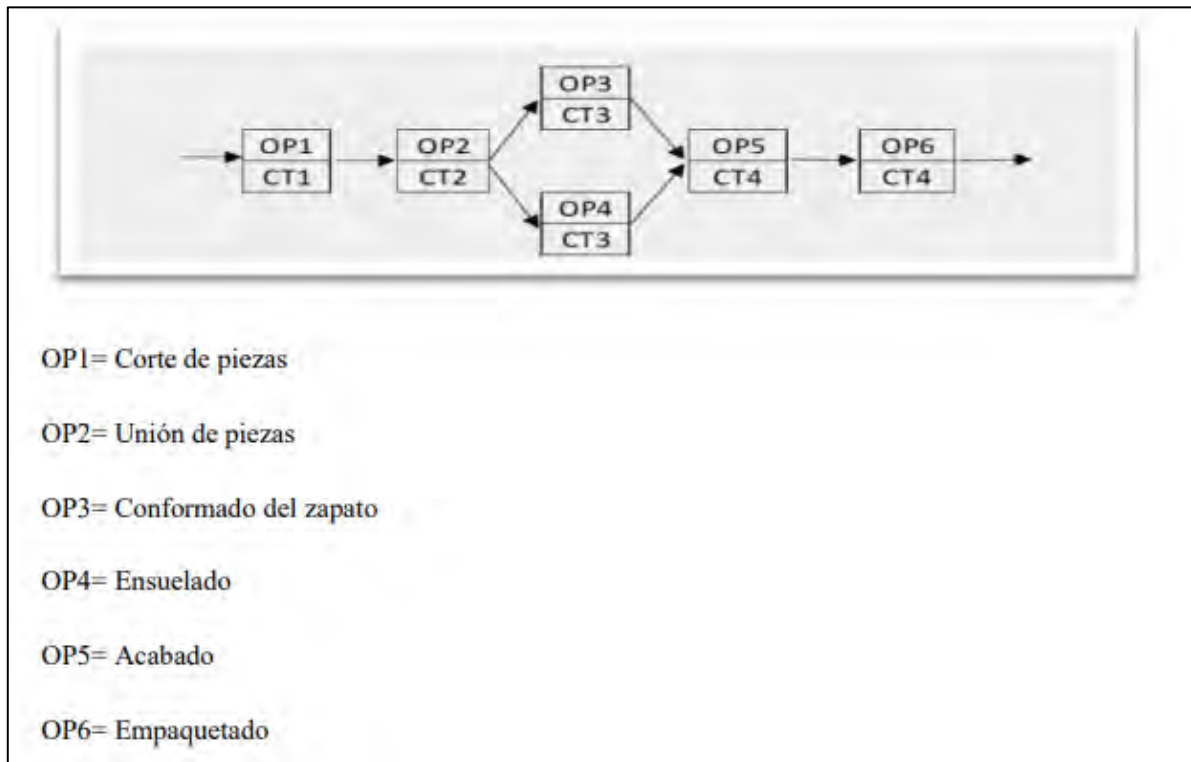


Figura 14 Ruta de Producción

Tomado de “Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN”, por Zambrano, D., Arguello, L. Domínguez, J. & Bautista, E, 2018.

▪ **Planificación de Capacidad de Recursos (CRP):**

Un parámetro para ajustar las ordenes de producción y compras, es determinar el nivel de capacidad del proceso productivo. Previo a ello, la investigación determinó los tiempos de ejecución, preparación, carga unitaria y carga de lote, basados en el nivel eficiencia y utilización de cada operación, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 8

Tiempo Total de Preparación

Número	Centro de trabajo	Eficiencia	Utilización	Tiempo de preparación (h.e)
1	Cortado	0,99	0,94	2,34
2	Aparado	0,98	0,99	7,72
3	Montaje	0,91	0,81	2,45
4	Terminado	0,82	0,83	0,18

Nota. Tomado de “Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN”, por Zambrano, D., Arguello, L. Domínguez, J. & Bautista, E, 2018.

Tabla 9

Tiempo Total de Carga de los Centros de Trabajo

Operación	TR	CT	Utilización	Eficiencia	te (h.e)	t prep (h.e)	t. carga unit (h.e)	t carga lote (h.e)
1	1,150	1	0,94	0,99	1,07	2,34	1,14	34,30
2	7,080	2	0,99	0,98	6,85	7,72	7,11	213,15
3	0,635	3	0,81	0,81	0,42	2,45	0,50	15,06
4	0,210	3	0,81	0,81	0,14	2,45	0,22	6,62
5	0,050	4	0,83	0,83	0,03	0,18	0,04	1,22
6	0,015	4	0,83	0,83	0,01	0,18	0,02	0,49

Nota. Tomado de “Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN”, por Zambrano, D., Arguello, L. Domínguez, J. & Bautista, E, 2018.

A partir de los cálculos realizados, la sumatoria del tiempo de carga de lote de los centros de trabajo se obtuvo 270.85 horas. Sin embargo, el estudio precisa en determinar el factor de defecto por cada una de las operaciones que influyen directamente una hacia otra como se evidencia en la ruta de producción. Dicho ajuste permitió definir que el tiempo de carga requerido es 287.91 horas.

Finalmente, el estudio concluye que, a partir de la implementación de las herramientas de planificación antes descritas, le permitió tener un nivel de aprovechamiento de ruta del 93%,

es decir que para la obtención de un lote de 30 pares de zapatos se requiere introducir un nivel de material y producción 32 pares.

Caso 4: Propuesta de modelo de control óptimo para MRP de procesos continuos y capacidad finita con artículos deteriorados

La investigación científica de Pooya, A. y Pakdaman, M., publicada en la revista *Journal of Intelligent Manufacturing* (2019), exhibe un modelo matemático de control óptimo para MRP continuo y capacidad finita de producción que incluye en el análisis artículos deteriorados.

La investigación parte de las siguientes premisas, el modelo considera la fabricación de un producto único (A), compuesto por α elementos de tipo B y β elementos de C. Como se puede observar en su lista de materiales:

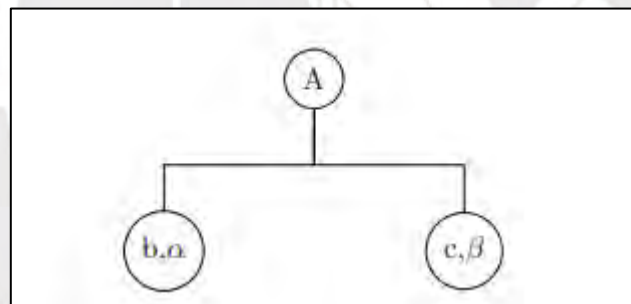


Figura 15 Lista de Materiales Propuesta

Tomado de “*Journal of Intelligent Manufacturing*”, por Pooya, A. & Pakdaman, M, 2019.

Así mismo, la política de lote asumida en el modelo es de tipo LxL; es decir, la reposición o compra de materiales se realiza en la cantidad exacta requerida en ese periodo. Por último, el *lead time* se considera cero. El modelo de producción propuesto, como se observa en la Figura 16., inicia con las órdenes de compra de los ítems B y C, cuyo pedido provienen de las tasas de demanda $S_{Mb}(t)$ y $S_{Mc}(t)$, respectivamente. Enseguida, las piezas son

almacenadas y parte de ellas se utilizan en el proceso de fabricación del artículo A, con tasas de $P_{Mb}(t)$ y $P_{Mc}(t)$.

Una vez ejecutado el proceso de fabricación, la tasa de *output* $P_m(t)$ los cuales son almacenados y liberados para la venta con una tasa de $D_m(t)$. Sin embargo, los artículos A devueltos del mercado, sumados a la tasa de stock de artículos deteriorados producidos son almacenados; de este sub-almacén, se deriva el con tasa $W_{R1}I_R(t)$ los ítems B y C reciclados devueltos al inventario de ítems respectivos, mientras que con una tasa $W_{R2}I_R(t)$ los productos reprocesados son llevados al almacén, por último las piezas que no son irrecuperables son desechadas con una tasa de $P_d(t)$. Finalmente, las piezas B y C que pudieron ser recicladas retornar al inventario de stock respectivo disponible.

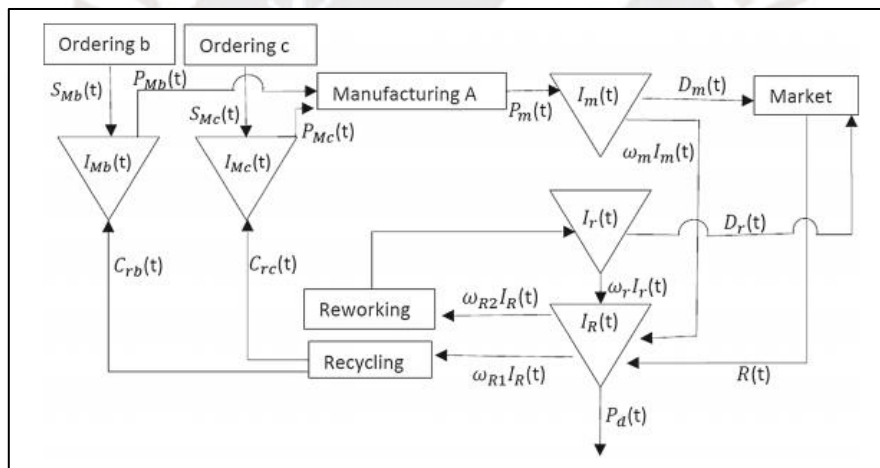


Figura 16 Esquema de Proceso Propuesto

Tomado de “*Journal of Intelligent Manufacturing*”, por Pooya, A. & Pakdaman, M, 2019.

- $S_{Mb}(t)$: Nivel de orden de compra de ítems B en el tiempo t.
- $S_{Mc}(t)$: Nivel de orden de compra de ítems C en el tiempo t.
- $I_{Mb}(t)$: Inventarios de ítems de B en el tiempo t.
- $I_{Mc}(t)$: Inventarios de ítems de C en el tiempo t.
- $P_{Mb}(t)$: Nivel de ítems B que se pasan al proceso de producción de A.
- $P_{Mc}(t)$: Nivel de ítems C que se pasan al proceso de producción de A.
- $P_m(t)$: Nivel de producción del producto A en el tiempo t.
- $D_m(t)$: Demanda liberada de artículos A producidos en el tiempo t.
- $R(t)$: Nivel de artículos devueltos A del mercado.
- $D_r(t)$: Demanda liberada de artículos A reprocesados en el tiempo t.

$I_m(t)$: Inventario de artículos listos para la venta en el tiempo t .

$I_r(t)$: Inventario de artículos reprocesados en el tiempo t .

$I_R(t)$: Inventario de artículos devueltos tanto del mercado como de artículos producidos en el tiempo t .

$P_d(t)$: Nivel de artículos desechados en el tiempo t .

$C_{rb}(t)$: Nivel de ítems B reciclados en el tiempo t .

$C_{rc}(t)$: Nivel de ítems C reciclados en el tiempo t .

$W_m I_m(t)$: Tasa de deterioro en el stock de artículos producidos en el tiempo t .

$W_r I_r(t)$: Tasa de deterioro en el stock de artículos reprocesados en el tiempo t .

$W_{R1} I_R(t)$: Tasa de ítems B y C reciclados devueltos al inventario de ítems respectivos.

$W_{R2} I_R(t)$: Tasa de inventario de productos reprocesados.

A partir de la construcción de este proceso dinámico, el modelo construye las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 I_{Mb} &= S_{Mb}(t) + C_{rb}(t) - P_{Mb}(t), & I_{Mb}(0) &= I_{Mb}^0; \\
 I_{Mc} &= S_{Mc}(t) + C_{rc}(t) - P_{Mc}(t), & I_{Mc}(0) &= I_{Mc}^0; \\
 I_m &= P_m(t) - D_m(t) - W_m I_m(t), & I_m(0) &= I_m^0; \\
 I_r &= W_{R2} I_R(t) - D_r(t) - W_r I_r(t), & I_r(0) &= I_r^0; \\
 I_R &= W_r I_r(t) + W_m I_m(t) + R(t) - W_{R1} I_R(t) - W_{R2} I_R(t) - P_d(t), & I_R(0) &= I_R^0;
 \end{aligned}$$

Sabiendo:

$$P_m(t) = \alpha P_{Mb}(t) + \beta P_{Mc}(t)$$

$$C_{rb}(t) = \alpha W_{R1} I_R(t)$$

$$C_{rc}(t) = \beta W_{R1} I_R(t)$$

A partir del sistema dinámico propuesto, se pueden obtener las siguientes:

$$\begin{aligned}
 I_{Mb} &= S_{Mb}(t) + \alpha W_{R1} I_R(t) - P_{Mb}(t), & I_{Mb}(0) &= I_{Mb}^0; \\
 I_{Mc} &= S_{Mc}(t) + \beta W_{R1} I_R(t) - P_{Mc}(t), & I_{Mc}(0) &= I_{Mc}^0; \\
 I_m &= \alpha P_{Mb}(t) + \beta P_{Mc}(t) - D_m(t) - W_m I_m(t), & I_m(0) &= I_m^0; \\
 I_r &= W_{R2} I_R(t) - D_r(t) - W_r I_r(t), & I_r(0) &= I_r^0; \\
 I_R &= W_r I_r(t) + W_m I_m(t) + R(t) - (W_{R1} + W_{R2}) I_R(t) - P_d(t), & I_R(0) &= I_R^0;
 \end{aligned}$$

A partir de estas ecuaciones, los autores plantean la construcción de matrices positivas, que lo convierte en un problema de control óptimo cuadrático lineal de tiempo finito. Con el objetivo de elaborar un modelo capaz de tomar decisiones que permita satisfacer la demanda, y los niveles óptimos de fabricación, reprocesos, reciclaje de inventario de materia prima o insumos, y productos en proceso.

Para comprobar el procedimiento y ejecución correcta del modelo matemático general, dicha investigación hace uso del software Matlab 2014, en una corrida con distintos parámetros. El ejemplo, trata de un sistema de producción con múltiples etapas y con un orden preestablecido de añadidura de materiales y procesos de producción de un producto con lista materiales de dos niveles, como se mostró inicialmente. Este ejemplo cuenta con los siguientes parámetros constantes:

Tabla 10

Parámetros Constantes en el Ejemplo Propuesto

Parámetro	A	β	I_{Mb}^0	I_{Mc}^0	I_m^0	I_r^0	I_R^0	w_{R1}	w_{R2}	w_m	w_r	T
Valor	2	3	5	10	20	60	50	0,30	0,40	0,25	0,60	3

Nota. Tomado de “*Journal of Intelligent Manufacturing*”, por Pooya, A. & Pakdaman, M, 2019.

A partir de ello, se realizó la corrida del modelo, considerando como variables de estado a I_{Mb}, I_{Mc}, I_m, I_r y I_R ; mientras que las variables consideradas de control son $S_{Mb}, S_{Mc}, P_{Mb}, P_{Mc}, P_d, D_m, D_r, R$; de esta forma, se muestra la solución en la Figura 17.

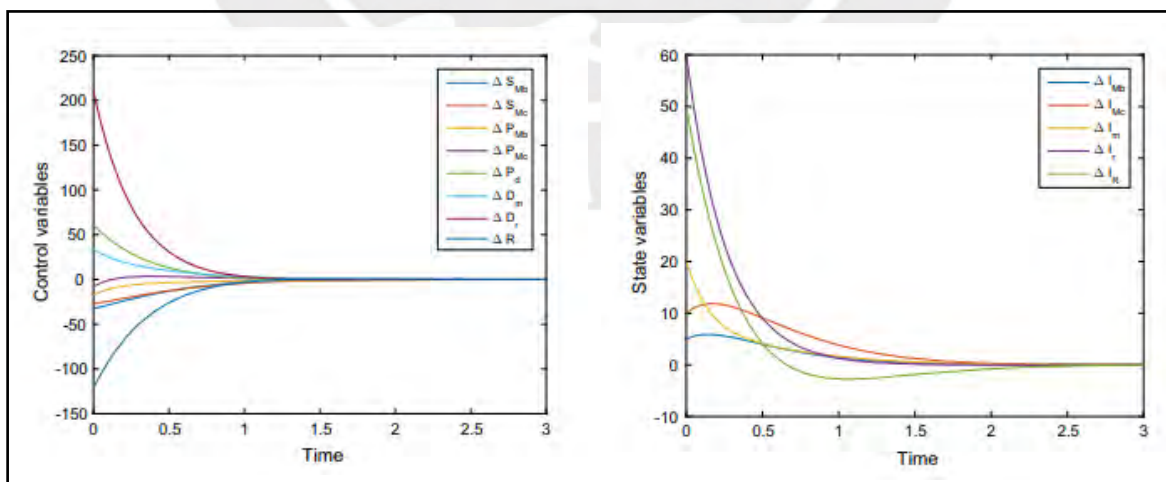


Figura 17. Solución Final de Variables de Estado y Control

Tomado de “*Journal of Intelligent Manufacturing*”, por Pooya, A. & Pakdaman, M, 2019.

Por otro lado, la efectividad del modelo se evidencia con la convergencia a cero de las funciones de desviación de las variables de estado y de control, entre las soluciones y sus funciones objetivos. La convergencia de estas variaciones de las variables permite satisfactoriamente disminuir costos, tanto de mantenimiento de inventario como costos por *shortage* o exceso de compra de insumos. Así mismo, se presenta un análisis de sensibilidad para diferentes valores de W_{R1} y W_{R2} ; por ejemplo, un $W_{R1} = 0.3$ significa que el 30% de los artículos fabricados serán devueltos como reciclados, mientras que un $W_{R2} = 0.4$ indica que 40% de stock de artículos devueltos serán reprocesados. Como se observa en la Tabla 11, la convergencia al objetivo se torna más lenta; también se evidencia que cuando la tasa de reciclaje (W_{R1}) y de reprocesos (W_{R2}) incrementan, la función objetivo también incrementa, debido al aumento en inventarios de ítems (I_{Mb} y I_{Mc}).

Tabla 11

Valores de la Función Objetivo para las Variables $WR1$ y $WR2$

W_{R1}	W_{R2}				
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,2	2,1722 e+04	2,1833 e+04	2,1949 e+04	2,2073 e+04	2,2202 e+04
0,25	2,2182 e+04	2,2289 e+04	2,2403 e+04	2,2523 e+04	2,2650 e+04
0,3	2,2650 e+04	2,2691 e+04	2,2691 e+04	2,2912 e+04	2,3033 e+04
0,35	2,2947 e+04	2,3040 e+04	2,3139 e+04	2,3243 e+04	2,3354 e+04
0,4	2,3262 e+04	2,3344 e+04	2,3433 e+04	2,3526 e+04	2,3624 e+04

Nota. Tomado de “*Journal of Intelligent Manufacturing*”, por Pooya, A. & Pakdaman, M, 2019.

Otro análisis de sensibilidad, se realizó comparando las W_m es decir artículos producidos sujeto a deterioro de stock con una tasa de W_r . El aumento de W_m provoca una disminución de I_m y un aumento de I_r ; en consecuencia, la función objetivo se incrementa y produce un

aumento de costos. Por su parte, el incremento de W_r , provoca una disminución de I_r y un aumento de RI , por lo que la función objetivo disminuye y con ello los costos. Como se observa, en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12

Valores de la Función Objetivo para Diferentes Valores de W_m y W_r

w_m	w_r				
	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
0,15	2,2959 e+04	2,2866 e+04	2,2776 e+04	2,2690 e+04	2,2608 e+04
0,2	2,2970 e+04	2,2876 e+04	2,2787 e+04	2,2702 e+04	2,2620 e+04
0,25	2,2980 e+04	2,2887 e+04	2,2798 e+04	2,2713 e+04	2,2632 e+04
0,3	2,2991 e+04	2,2898 e+04	2,2810 e+04	2,2725 e+04	2,2644 e+04
0,35	2,3001 e+04	2,2909 e+04	2,2821 e+04	2,2736 e+04	2,2656 e+04

Nota. Tomado de “*Journal of Intelligent Manufacturing*”, por Pooya, A. & Pakdaman, M, 2019.

La ventaja de este modelo, como se observa es la flexibilidad para la toma de decisiones que permite ajustar a los parámetros de la realidad de la empresa. El modelo planteado en la investigación, se adapta a las necesidades de información del MRP; por ejemplo, el nivel de inventarios, el control de variables para la producción u órdenes de compra basados en los requerimientos de la demanda y dependencia de la lista de materiales BOM.

Por otro lado, el tipo de modelo propuesto es un MRP continuo, puesto que el tiempo se considera un parámetro continuo, realista y aplicable para varias industrias. El objetivo principal del modelo es la alcanzar la optimización de costos de inventarios, así mismo emite la cantidad de producción requerida en cualquier momento del proceso. El ahorro se genera por dos vertientes, por la programación óptima de compras y producción, y la gestión adecuada de los elementos reciclados y reprocesados.

Se debe considerar que, si bien el modelo se construyó bajo la premisa que la lista de materiales tiene sólo dos niveles, se debe precisar que esta puede ser ajustada a más niveles dependiendo la necesidad de la empresa.

2.2.2 Discusión y comparación de casos propuesto con aplicación de MRP

Una problemática operativa recurrente en las MYPES latinoamericanas es la falta de control y altos niveles de inventarios almacenados, lo cual constituye un factor importante en la afección de los ratios financieros, que inclusive podría ser causa de mortalidad de la empresa. La principal causa de no planificar los niveles adecuados de producción y realizar control de inventario de manera intuitiva, es el desconocimiento de los empresarios de herramientas que les permita realizarlo y la falta de capital para implementar sistemas ERP. Ante esta situación, una solución viable para la mayoría de empresa es la implementación de un sistema MRP; cuyos beneficios según lo expone Krajewski, J., *et al* (2008) son satisfacer las necesidades de la línea de producción, minimizar los niveles de inventarios, mejorar el nivel de servicio al cliente y mejorar la utilización del personal. Sin embargo, el éxito de esta herramienta dependerá de diferentes factores, los cuales serán expuestos y analizados en base a la bibliografía revisada.

En primer lugar, la herramienta requiere *input* de información, como lo es un pronóstico de ventas preciso que comúnmente es integrado en el PMP, y es esta herramienta de planificación a su vez alimenta al MRP. Sin lugar a dudas, esta información es de gran importancia para el desarrollo de la herramienta, y constituye el principal déficit de información para las empresas. De esta forma, la investigación realizada por Portales, H., *et al* (2019) propone el caso de una textil peruana, y al igual que la investigación de Arguello, L., *et al* (2018) a una Zapatería ecuatoriana, no presentaban estimaciones de pronósticos de ventas confiables y sus órdenes de compras y producción únicamente se basaban en la experiencia y suposiciones. Ambas mejoras propusieron y ejecutaron estudios y herramientas que permitan la elaboración de un pronóstico de ventas. La primera de las empresas empleó la metodología S&OP, la cual permite el consenso de las áreas de producción, logísticas, finanzas y comercial en la elaboración del pronóstico de ventas finales. En cuanto a la técnica de pronóstico histórico

utilizada fue la regresión lineal por tener menor error de pronóstico, en base a esta técnica se implementó revisiones periódicas para la evaluación de la fluctuación de la demanda. Seguidamente, el pronóstico obtenido alimenta a un PMP, el cual planteó distintos escenarios para determinar aquel que tenga mayor probabilidad de ocurrencia e incremente la productividad de la empresa. Por lo contrario, el estudio realizado a la zapatería ecuatoriana, realiza su pronóstico y seguidamente un PMP, pero sólo muestra un escenario, como es común en la mayoría de las empresas.

Por otro lado, la teoría sugiere minimizar la variación de la demanda, y en base a ello el modelo matemático que propone Pooya, A. y Pakdaman, M. (2019) evidencia un impacto directo en la variación de los inventarios de materias primas, y productos en proceso deben converger en cero. Sin embargo, como se demuestra en el caso de la textil peruana, a pesar de contar con un estudio preciso del pronóstico bajo la metodología *Sales and Operations Planning* (S&OP), vemos que siempre existirá una variación, que es propia de los factores exógenos de la empresa, como puede ser la coyuntura social, climatológica, política y económica del sector industrial y del país. Así mismo, entre los factores endógenos de la empresa puede afectar el nivel de cumplimiento de los pronósticos, se destaca la falta de capital para realizar las compras, tecnología e infraestructura inadecuada, el poder de negociación con los proveedores y clientes, la reestructura organizacional de la empresa, la transición de cambios por crecimiento, entre otros. Si bien llegar a un nivel de variación igual a cero es utópico, la función del equipo de planeamiento debe ser evaluar continuamente el margen de error del pronóstico y ajustarlo en base a escenarios proyectada, para minimizar el nivel de variación y evitar el sobrestock o caer en *shoretage*.

El factor de defecto por cada una de las operaciones es un parámetro importante considerado en la investigación de empresa de calzado ecuatoriana, y representado como parte del modelo matemático de la investigación de optimización. Evaluar esta variable es importante

para una posible recuperación de insumos o materia prima, que puedan ser reciclados o reprocesados; y de esta manera genere un ahorro en la empresa. Mas el proceso de recuperación de dichos insumos deberá estar sujeto a un análisis de costo-beneficio que permita determinar si impacta significativamente en ahorro de caja, o si en su defecto incurre en mayores gastos; por ejemplo, mayor utilización de horas-hombre. En línea con última afirmación expuesta, el caso de la empresa textil obvia este parámetro en su investigación; puesto que, al ser una industria de confección de pantalones y overoles, el tipo de producto no se presta a un reciclaje de materia prima en caso ocurriese fallas en la confección.

En segundo lugar, el MRP debe estar sujeto a un plan de requerimiento de capacidad (CRP) que permita ajustar el nivel de producción y compras de una empresa, de acuerdo a las capacidades de producción o almacenamiento. Este análisis se evidencia en el caso de la zapatería ecuatoriana, basado en nivel de eficiencia y utilización de cada operación. En el caso de la empresa textil, no muestra un análisis de CRP, se recomienda completar el estudio con este análisis, pues es probable que la MYPE presente restricciones de horas-hombre, y capacidad de almacenamiento limitada.

Finalmente, la efectividad del uso de la herramienta MRP, puede evidenciarse en los ratios financieros, para obtener una mayor precisión se debería evaluar por cada producto producido. De esta manera, los ratios que permiten evidenciar la reducción de costos de mantenimiento de inventario y adquisición, a partir de la implementación de esta herramienta son la rotación de inventario y el ROA. Esta evaluación financiera es realizada en el caso de la empresa textil peruana que evidencia una mejora significativa en reducción de costos fijos y variables.

En cuanto a la implementación de esta herramienta resulta ser accesible para la mayoría de MYPES, puesto que puede efectuarse con softwares comerciales como Excel; sin embargo, requiere de personal capacitado para su programación manual. Por lo contrario, si la empresa

invierte en un sistema ERP, en el módulo de abastecimiento podrá hacerse uso de la lógica de la MRP.

2.3 Implementación de Lean como herramienta de mejora

2.3.1 Casos de implementación de filosofía Lean

Caso 5: Mejoras en la cadena de suministro de Zara

El siguiente caso será abordado desde la perspectiva complementaria de tres artículos de investigación. El minorista de ropa Inditex, dueño de reconocidas marcas como Zara, Pull&Bear, Bershka, Massimo Dutti, Stradivarius, Oysho, Utergüe y Zara Home, a la fecha cuenta con 7,469 tiendas distribuidas en todo el mundo. Los inicios de este negocio datan a 1963, cuando Amancio Ortega, su fundador, inició sus operaciones en un taller exclusivo para la elaboración de ropa femenina. Siendo Zara la tienda con mayor participación en negocio de Inditex con un 66%, y con una distribución de 2,236 tiendas físicas presentes en 94 mercados y tiendas virtuales en 45 naciones, de acuerdo al Informe Anual Inditex (2017). Zara ofrece al mercado mundial una gama de aproximadamente 50,000 artículos nuevos cada año, con un ciclo de vida de su producto de alrededor de 3 semanas, en comparación con la industria de moda minorista de lujo que tarda entre 5-6 meses. De esta manera, Zara no produce atuendos “clásicos”, es decir que no pasan de moda; por el contrario, oferta productos de moda rápida.

No obstante, la flexibilidad y capacidad de respuesta de la cadena de suministro actual de Zara es producto de una continua mejora desde hace ya tres décadas. De acuerdo a lo expuesto en el estudio de Martínez-Sendra, A., Sartal, A. & Vázquez, X. (2012), el crecimiento álgido y la expansión global acelerada de Inditex en la década de los noventa, originó una alta complejidad en el manejo de sus operaciones; generando el *bullwhip effect* o “efecto látigo”. El cual involucra problemas de coordinación, altos tiempos de abastecimiento en todas sus tiendas, baja capacidad de innovación e incurrimento en altos costes operativos.

Ante la problemática precedentemente expuesta, The Networking Leadership (2015), describe en su investigación la metodología de mejora continua Lean, que Zara viene implementando desde el 1991, a lo largo de su cadena de suministro. A continuación, se detallan las herramientas y resultados obtenidos:

- **Just in time:** Zara adquiere un modelo de negocio en el *retail* de moda, sin precedentes puesto como parte de sus políticas de operaciones mantiene un bajo nivel de *stock* y actualiza sus colecciones permanentemente. De esta forma, los productos terminados son canalizados a dos centros de distribución de Zara, ubicados en Galicia y Zaragoza, cabe destacar el inventario permanece en dichas instalaciones, un tiempo inferior a las 72 horas. Por otro lado, la marca a través de su eficiente sistema de distribución, abastece lotes pequeños de mercadería, a sus tiendas minoristas en un periodo de 24 a 36 horas en el caso de Europa, y dentro de las 48 horas a tiendas fuera del continente, según lo señala Vergara, R. (2016) en su investigación. De esta manera, se reduce el nivel de inventario en los centros de distribución y se propicia una alta rotación de inventarios.
- **Kanban:** Zara aplica el modelo *pull*, y para dar respuesta eficaz requiere comunicarse e intercambiar información entre los diferentes operarios de una línea de producción, o entre proveedor y cliente. Sin embargo, los 1,000 diseños creados cada mes y la tercerización de operaciones de confección de productos patrones o de bajo valor agregado, obligan a Zara a buscar un sistema de comunicación agilizando. Por ello, la empresa se encarga de etiquetas que se les incorpora a los lotes de productos tercerizados, con información minuciosa de operaciones requeridas para cada producto. Así mismo, para agilizar la gestión de su inventario y facilitar el envío de lotes correctos, la empresa automatizó esta operación a través de la tecnología QR. De esta manera, cuando se extrae un recurso, se envía una señal

al siguiente proceso para reemplazar lo que se usó o completó. A continuación, se expone la estrategia de la cadena de suministros que Inditex propone a sus marcas:

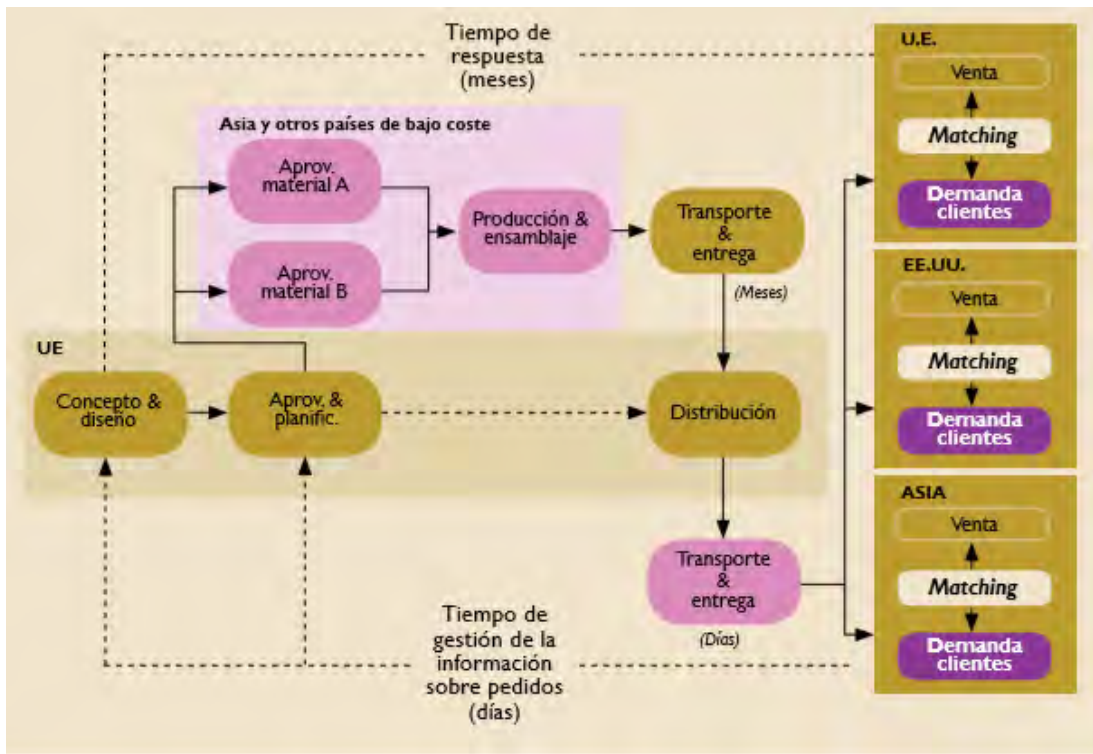


Figura 18 Reto de Tiempo de Respuesta de Inditex

Tomado de "Tintorerías de posguerra e innovación organizativa en Inditex: una perspectiva contractual de la gestión de la cadena de suministro" por Martínez, A., Sartal, A. & Vázquez, X., 2012.

- Kaizen o mejora continua:** Zara identificó que al igual que su competencia, su tiempo de ciclo de moda era 6 meses; este tiempo comprende desde el diseño hasta distribución a sus tiendas minoristas. Por ello, apoyados de la filosofía japonesa Lean Manufacturing, identificaron las actividades que generan valor en la cadena de suministro, y trataron de eliminar todo desperdicio posible. Fueron tres factores determinantes para lograr reducir a 3 semanas el ciclo de moda, el trabajo activo y colaborativo con los trabajadores, mejora en pronóstico de su demanda y la inclusión de la tecnología de la información para la gestión

de inventarios. A continuación, se presenta de manera gráfica la mejora de tiempos, en la preparación de cada colección de moda.

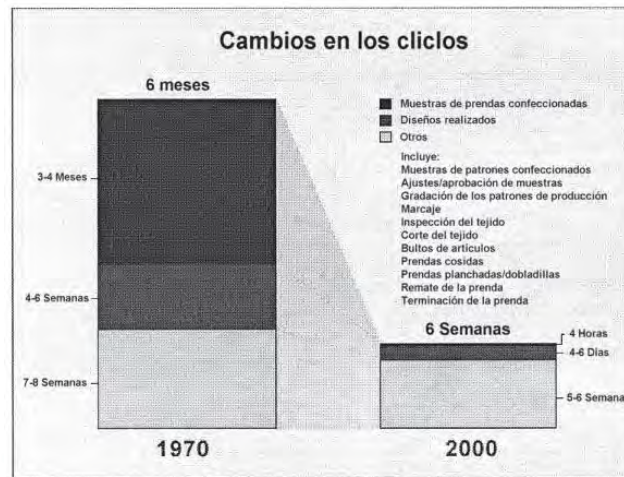


Figura 19 Compresión del Ciclo Temporal a través de la Respuesta Rápida
 Tomado de “Zara: Moda rápida” por EADA, 2003.

El primer cambio que realizó Zara fue entender que sus vendedores son la principal herramienta para conocer de cerca las necesidades de sus clientes. Por ello, como lo señala Vergara, R. (2016), “alrededor del 80% de todo su personal se dedica al comercio minorista, el 8,5% a la fabricación y el resto está en diseño, logística, distribución y administración y soporte”.

El segundo cambio es la mejora de sus métodos para determinar las tendencias y demanda de la moda. Según lo señala Vergara, R. (2016), Zara tiene dos fuentes de información:

El equipo de diseño, quienes realizan el estudio de mercado tradicional para determinar las tendencias de la moda. “El equipo visita ferias comerciales, analiza lo que los competidores de Zara están haciendo y de lo que sale, mira atentamente a los medios para obtener informes de tendencias de moda, visita clubes, centros de moda, escuelas /

universidades, etc.” A partir de la información recaudada realizan los informes y pronósticos de moda que determinan su producción.

Así mismo, Zara presta especial atención a su personal minorista, quienes tienen contacto directo con los clientes. Este personal no sólo registra la venta, además recopilan información mediante comentarios de los clientes sobre color, corte y estilo de prendas, en cada una de las sedes geográficas; e inmediatamente esta información se envía a la sede española. Por otro lado, los artículos abastecidos a las tiendas minoristas de Zara vienen planchados, etiquetados y embolsados en colgadores por adelantado, con la finalidad de que el personal se concentre en actividades que generen valor agregado, como ayudar a los clientes en la tienda y reunir información de mercado necesaria.

El tercer factor clave para lograr la eficiencia en la cadena de suministro fue la incorporación de tecnología de información. Como lo precisó Pablo Isla, presidente de Inditex, para el 2020 la empresa estará "plenamente integrada, plenamente ecoeficiente y plenamente digital", a través la tecnología RFID. Esta tecnología permite gestionar de manera eficaz los inventarios, tanto en fábrica como en tienda; permitiendo identificar de forma simultánea hasta 800 ítems por segundo, según Juste, M. (2019).

- **Flujo pieza a pieza:** Los altos volúmenes de producción en las empresas incurren en desperdicios, como tiempos de espera, mermas en piezas y sobreproducción. Sin embargo, bajo la modalidad de trabajo pieza a pieza que propone Zara, se eliminan aquellas actividades que no añaden valor, también conocida como *muda*.

Como se observa, la estrategia esbelta operativa de Zara de Inditex, la ha llevado a convertirse en la cadena de tiendas minoristas de moda más grande y menor tiempo de respuesta. Sin embargo, la crisis económica del Covid-19 afectó con una significativa caída del

44% en sus ventas en el primer trimestre del 2020, al tener el 90% de sus tiendas físicas cerradas, de acuerdo a las estadísticas del diario El País (2020). Pese a este austero panorama, con más de 3,500 tiendas cerradas, la empresa potenció y expandió su negocio digital que ya venía implementando desde el 2010, con un exclusivo sistema de logística y distribución. De esta forma, Orihuela, R.& Deirdre, H. (2020), en su investigación acerca de la reinención de las tiendas Zara, menciona las palabras de Richard Chamberlain, gerentes de ventas minoristas europeas en RBC Capital Markets, “la ventaja que tiene es un inventario central, que es el envío de existencias a las tiendas un par de veces por semanas, por lo que la idea de enviar directamente a personas de todo el mundo es bastante fácil”. Ello al referirse a la nueva estrategia de ventas por la que apuesta agresivamente la marca. Esta eficaz capacidad de respuesta al mercado y agilidad de cambio, no podría ejecutarse si no se hubiese integrado verticalmente la cadena de suministro y eliminado los desperdicios tanto el proceso productivo como en la distribución, antes de la pandemia.

Caso 6: Industria de refrigeradores colombiana

El estudio realizado en la Universidad Santiago de Cali por Fory, J., Calderón, C. & Escobar, N. (2019), describe la problemática en el proceso de abastecimiento de materias primas, que atravesó una empresa colombiana perteneciente al sector metal mecánico, específicamente de la línea blanca; y los diversos beneficios que obtuvo tras la implementación de la metodología Lean.

La empresa previamente expuesta, se dedica a la fabricación de refrigeradores industriales. Según los autores, en el resultado del levantamiento de información del Sistema Integral de Trabajo, reveló dos grandes problemáticas. Tiempos de paro de línea cuya suma equivale a 298 horas extras de trabajo y un costo de \$ 1,614,352 al mes que sumando asciende a \$42,743,420 al año. Además, el incurrimento en horas extras que entre los meses de enero y

agosto del 2018, sumó un promedio de 182 horas extras mensuales, debido a la falta de aprovisionamiento de material en las diversas sub áreas de producción. Las principales causas de la problemática de la empresa fueron, en el área logística, la demora en el arribo de materia prima al almacén, así como retardo en el conteo por parte del personal almacenero; en las sub áreas de producción, retraso en la entrega de materiales debido al recuento de materia prima, lo cual provocaba entre 3 y 4 veces por semana paro de la línea de producción y deterioro de la materia prima por nivel de manipulación.

Ante el escenario expuesto, el objetivo planteado en el proyecto de mejora fue disminuir los tiempos de entrega de materia prima, a través de la implementación de las herramientas Lean. Para ello, se empleó una metodología divididas en tres etapas:

FASE 1: Identificación y clasificación de procesos:

En primer lugar, se identificó las etapas del proceso de aprovisionamiento de materia prima y productivo, así como la interacción de las áreas involucradas. De esta manera, se elaboró un cursograma de las operaciones, con la finalidad de identificar los pasos requeridos para la entrega de la materia prima. A partir de ello, se identificó que el encargado de separar y rotular los materiales requeridos para cada orden de producción es el auxiliar de almacén. Los cuales son entregados en un tiempo estipulado de 2 horas, a los líderes de cada una de las 8 áreas de producción, los cuales son: Metal mecánica, pre-ensamble, cabinas de calentamiento, inyección, limpieza, cabeceras de línea ensamble de puerta, cabina de ciclado y estación de línea final.

Seguidamente, los investigadores identificaron las paradas de línea debido a la falta de material, principalmente por no realizar la gestión de abastecimiento a tiempo, las causas de retraso de son diversas como problemas climáticos, mecánicos o transporte. A continuación, se muestra el reporte de paradas de planta entre en el horizonte de estudio.

ALMAC	\$0	\$500,519	\$319,175	\$134,734	\$114,497	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,068,92
NEV VR20-D1-E1D115BGCIRB DISCO	000005569708	2	14	0605	ALMAC	150	2.50	3	7.50	\$5,411	\$40,583	FALTA CONDENSADOR		
NEV VR20-D1-E1D115BGCIRB DISCO	000005569708	2	14	0608	ALMAC	150	2.50	23	57.50	\$5,411	\$311,133	FALTA CONDENSADOR		
NEV VR20-D1-E1D115BGCIRB DISCO	000005569708	2	18	0609	ALMAC	150	2.50	11	27.50	\$5,411	\$148,803	FALTA CONDENSADOR		
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0607	ALMAC	23	0.38	12	4.56	\$5,411	\$24,674	FALTA DE MATERIAL		
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0607	ALMAC	27	0.45	12	5.40	\$5,411	\$29,219	FALTA DE PANELES		
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0605	ALMAC	25	0.42	6	2.52	\$5,411	\$13,636	FALTA DE PANEL DE VIDRIO		
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0606	ALMAC	20	0.33	18	5.94	\$5,411	\$32,141	EVAPORADORES TROCADOS		
NEV VR12 D BMAD CIR LED B DIS CO	000005590214	3	21	0606	ALMAC	45	0.75	18	13.50	\$5,411	\$73,049	FALTA DE MATERIAL		
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0606	ALMAC	23	0.38	18	6.84	\$5	\$34	FALTA DE MATERIAL		
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0606	ALMAC	27	0.45	18	8.10	\$5,411	\$43,829	FALTA DE PANELES		
NEV VR12 D BMAD CIR LED B DIS CO	000005590214	3	21	0607	ALMAC	45	0.75	12	9.00	\$5,411	\$48,699	FALTA DE MATERIAL		
NEV VR08-D1 B2D115BGWLB TONI EC	000005590379	3	21	0607	ALMAC	50	0.83	12	9.96	\$5,411	\$53,894	EVAPORADORES TROCADOS		
NEV VR33-D2-E1D115BGCIRB DIS CO	000005676400	4	8	0606	ALMAC	50	0.83	12	9.96	\$5,411	\$53,894	FALTA MATERIAL BISAGRAS		
NEV VR33-D2-E1D115BGCIRB DIS CO	000005676400	4	8	0606	ALMAC	50	0.83	18	14.94	\$5,411	\$80,840	FALTA MATERIAL BISAGRAS		
NEV VR33-D2-E1D115BGCIRB DIS CO	000005676400	4	8	0606	ALMAC	50	0.83	18	14.94	\$5,411	\$80,840	SENSOR TEMPERATURA		
NEV FV08-B1 P21115BGWLN POK ABI CO	000005681138	5	16	0606	ALMAC	30	0.50	23	11.50	\$5,411	\$62,227	FALTA DE COMPRESORES		
NEV FV08-B1 P21115BGWLN POK ABI CO	000005681138	5	16	0606	ALMAC	25	0.42	23	9.66	\$5,411	\$52,270	FALTA DE SOLDADURA		

Material	Orden	Mes	Día	Código Resp	Tiempo de parada (min)	Tiempo de parada (hrs)	No. pers	Tiempo de parada	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Observaciones
----------	-------	-----	-----	-------------	------------------------	------------------------	----------	------------------	-------	-------	-------	-------	-------	---------------

Figura 20 Registro de Paradas de Líneas

Tomado de "Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industriales" por Cali por Forry, J., Calderón, C. & Escobar, N., 2019.

Además, el equipo investigador desarrolló encuestas a los jefes de cada área, para recopilar información de la problemática actual identificada y su impacto en la producción, desde una fuente primaria. Así, se evidencio que las principales causas de retraso, se debe al recuento de *inputs*, la alta recurrencia de la generación de horas extras, y el alto nivel de inventario sobrante generado. En seguida, se muestra una hoja de verificación con los problemas presentados en la empresa.

Tabla 13

Hoja de Verificación de los Problemas de Parada de Línea

Problemas presentados / Área	Total por área	% en errores
Parada de Línea o área por falta de MP	8	9%
No pasan material a tiempo	8	9%
No pasan material completo con sus accesorios	5	6%
Material de Kanban programado y no llega en el momento adecuado	6	7%
Los líderes de área paran sus labores por ir ayudar con el recuento de la OP	11	13%

El líder de área debe ir al almacén por el material que necesita y contarlos (pierde tiempo de operación en su área)	7	8%
Desgaste y pérdida de tiempo con el cambio repentino de órdenes de producción (volver a contar)	5	6%
Generación de horas extra	10	12%
Generación de re trabajos	4	5%
Se pierden tiempos ganados en adelantos	8	9%
Inventario sobrante en producción	9	10%
Materiales llevados a áreas equivocadas	4	5%
MP acumulada en almacén perteneciente a producción	1	1%
Total de todas las áreas	86	100%

Nota. Tomado de “Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industriales” por Cali por Fory, J., Calderón, C. & Escobar, N., 2019.

El impacto de las paradas de línea principalmente tiene un impacto en los costos de la empresa, por programación de horas extras, e inconvenientes en el cumplimiento de entrega a los clientes, como se muestra en la Tabla 14. Del mismo modo, ello genera un costo intangible de degeneración de la imagen de la empresa por la insatisfacción del cliente; lo que puede repercutir además en pérdida de clientela.

Tabla 14

Costos Incurridos por las Paradas de Líneas

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Mittor	\$84,521	\$57,411	\$18,722	\$4,329	\$171,258	\$146,692
Logística	\$854,397	\$247,445	\$288,677	\$879,992	\$561,445	\$587,473
Ingen	\$0	\$370,653	\$70,343	\$687,413	\$1'642,413	\$372,385
Almacén	\$1'956,185	\$0	\$0	\$400,414	\$58,439	\$349,010
Calidad	\$0	\$0	\$304,369	\$122,072	\$304,423	\$507,660
SAP	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Producción	\$0	\$0	\$0	\$413,942	\$201,019	\$0
Ingin	\$0	\$0	\$0	\$367,948	\$0	\$81,165
RRHH	\$48,700	\$8,177	\$0	\$0	\$0	\$0
Total	\$2'943,803	\$683,626	\$682,111	\$2'876,110	\$2'939,202	\$2'044,385

	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mittor	\$267,250	\$44,262	\$0	\$661,333	\$20'331,404	\$207,620
Logística	\$970,408	\$176,561	\$176,561	\$618,532	\$1'564,808	\$516,913
Ingen	\$432,881	\$757,126	\$146,097	\$448,517	\$0	\$0
Almacén	\$179,754	\$357,126	\$0	\$301,393	\$0	\$0
Calidad	\$240,033	\$1'143,346	\$414,266	\$307,074	\$0	\$0
SAP	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$2'164,400
Producción	\$132,786	\$134,572	\$216,440	\$194,038	\$0	\$0
Ingin	\$0	\$0	\$284,078	\$0	\$0	\$0
RRHH	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$110,926
Total	\$2'223,112	\$2'595,333	\$1'236,739	\$2'530,887	\$21'896,212	\$2'999,859
Total horas paradas	8,334hr					
Costo de horas paradas	\$45,651,379					

Nota. Tomado de “Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industriales” por Cali por Fory, J., Calderón, C. & Escobar, N., 2019.

FASE 2: Análisis de la situación de los procesos:

La segunda fase analiza la situación de cada proceso; para ello, previamente se evaluó los tiempos de ciclo, tiempos de ensamble y tiempos que requiere cada operario y se determinó los indicadores: Tack time y Lead time. A partir de dicha información, se los investigadores construyeron un VSM con situación inicial, en cual se evidencia que el proceso comienza con el pedido del cliente al área de ventas, quienes emiten la orden de producción. A partir de entonces, producción solicita a almacén materia prima, y esta es suministrada hacia las sub-áreas de ensamble, en caso no se cuente con la cantidad suficiente de materia prima, se genera una orden de compra. A continuación, el VSM que permitirá identificar los tiempos requeridos por cada operación:

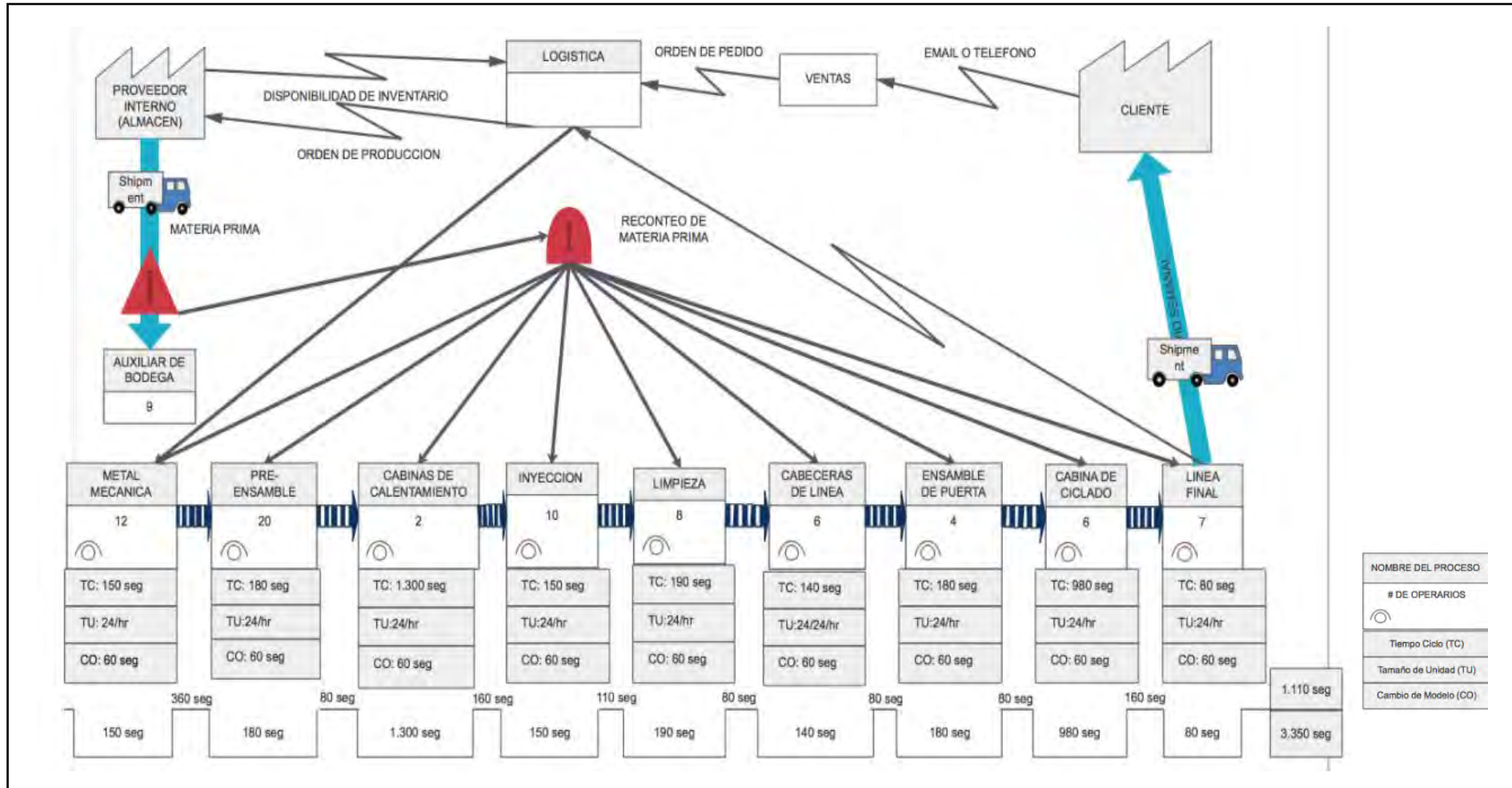


Figura 21 VSM de la Situación Inicial

Tomado de "Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industriales" por Cali por Fory, J., Calderón, C. & Escobar, N., 2019.

A partir del gráfico, se evidencia un tiempo de entrega de producción de 1,110 segundos; mientras que el tiempo de procesamiento registró 3,350 segundos.

FASE 3: Incorporación de la metodología *Just in time*:

La visión general del proceso permitió reconocer 3 desperdicios, y por cada uno se propuso una mejora para mitigarlos:

- **Reconteo de materia prima:**

Según Fory, J. et al (2019), ello conlleva “pérdida de tiempo en la entrega de materiales, materiales extraviados, descontrol en inventario de MP, daños en MP, costos en compra de materiales adicionales, paros de Línea por falta de material, improductividad de procesos de producción, generación de reprocesos y generación de horas extras por reprocesos”.

La mejora implementada fue la incorporación y estandarización de un nuevo procedimiento de “surtimiento a las líneas de producción”; para lo cual, se asignaron roles definidos a cada trabajador de almacén. De esta forma, los operarios de producción sólo se enfocaban en las funciones propias de transformación, puesto que contaban con un abastecimiento de materia prima justo a tiempo, proveniente de almacén. Además, se erradicó el desplazamiento de los jefes de las sub-áreas para solicitar las materias primas. Cabe destacar que, como parte de la estandarización del proceso, se aplicó el estudio de tiempos propuesto por Kanawayt en 1996, dicho método permitió la toma de tiempos y determinación del tiempo estándar de producción.

- **Abastecimiento de las líneas de producción por parte de almacén:**

Debido al alto volumen de las órdenes de producción, la materia prima que se trasladaba físicamente a las áreas de producción sobrepasaba la capacidad de

almacenamiento, lo que originaba devoluciones en el almacén. Sin embargo, dicho inventario comprometido se mezclaba con inventario disponible de materia prima.

La solución propuesta se basó en una negociación con el proveedor de materia prima, para el abastecimiento diferenciado en lotes múltiplos de 80 unidades. De la misma manera, las órdenes de producción disminuyeron su lote de producción a 80 unidades. Ello permitió sincerar el inventario de material disponible y en proceso. A partir de la reducción, del lote de abastecimiento-producción, se eliminó por completo los retornos de material al almacén, se redujo sustancialmente la presencia de material excesivo y carente en las órdenes de producción.

▪ **Exceso de material acumulado en las sub-áreas operativas:**

El desorden y los altos volúmenes de abastecimiento de materias primas originaban acumulación excesiva de inventarios en las líneas de producción. En consecuencia, se originaba daño en la calidad del material y extravíos; por ende, generaba costos por dicho material y desbalance en el inventariado.

Para hacer frente a dichos problemas, primero se disminuyó el nivel de inventario trasladado en lotes de 80 piezas como se mencionó en el punto anterior. Además, se implementó el uso de carritos para el desplazamiento de los inventarios tanto de materia prima como en proceso. El efecto de dicha solución fue el incremento de la efectividad en el traslado, mejor conservación de las existencias. Previo a ello, aplico la herramienta de las 5s en la organización de las sub-áreas. De esta manera, las mejoras antes descritas fueron plasmadas antes de implantarse en un VSM propuesto, el cual se exhibe a continuación:

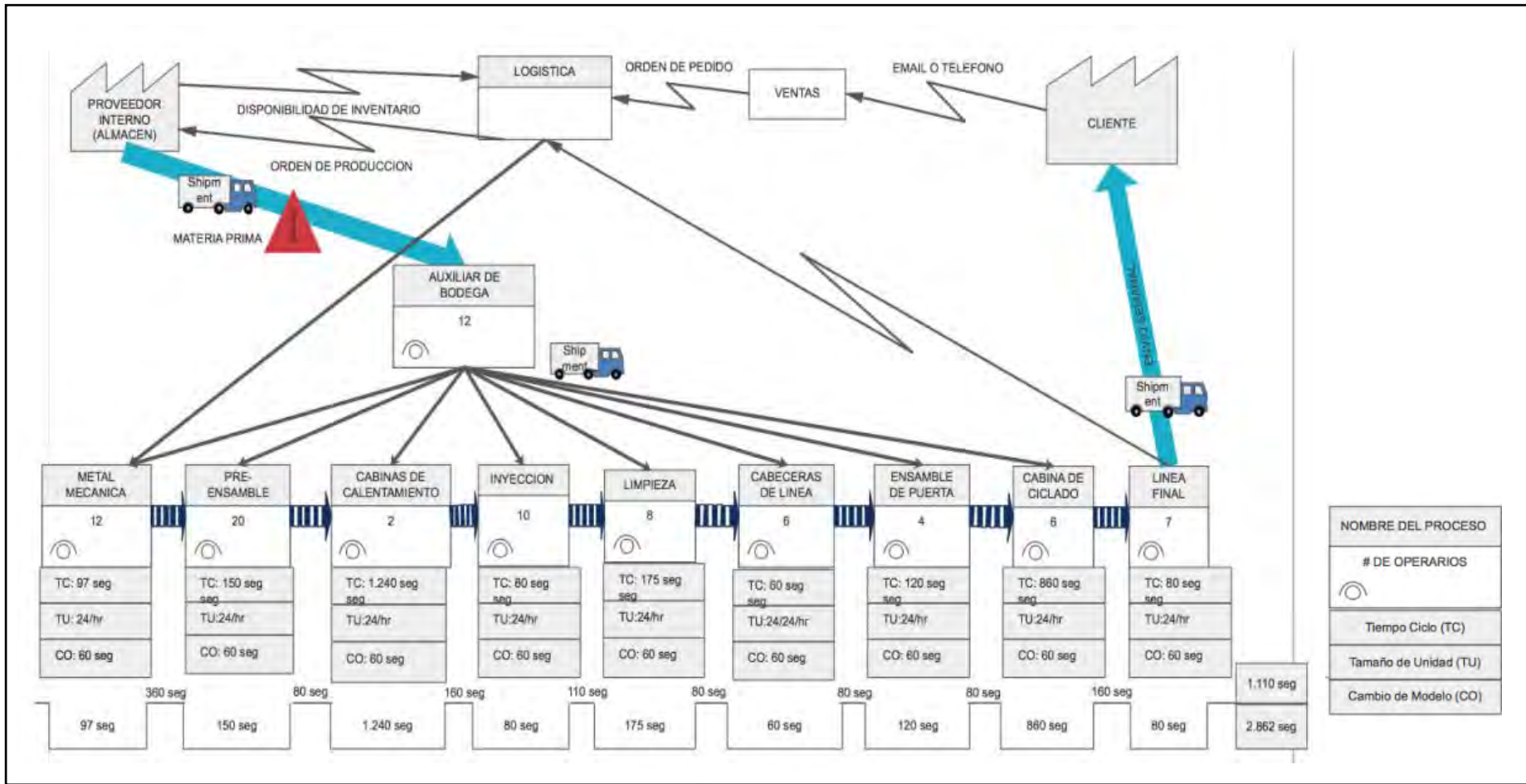


Figura 22 VSM Propuesto e Implementado

Tomado de "Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industriales" por Cali por Fory, J., Calderón, C. & Escobar, N., 2019.

A partir del gráfico, se evidencia un tiempo de entrega de producción de 1,110 segundos; mientras que el tiempo de procesamiento registró 2,862 segundos. Los resultados de la implementación de Lean, además de los antes detallados, se pueden extrapolar a resultados monetarios, de esta forma se evidencia en la Tabla 15, que el mes de enero no registró paradas de la línea, y las pérdidas económicas por paradas de los meses febrero-abril son bastante bajas respecto a las iniciales, mas es importante precisar que sucedieron por la llegada de nuevo personal. Finalmente, el estudio concluye que, en base a su mejora, la empresa disminuyó alrededor del 65% de retrasos y desperdicios.

Tabla 15

Costos Incurridos Después de la Implementación de la Mejora

	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Logística	\$5'384,218	\$1'779,680	\$195,337	\$426,927
Almacén	\$0	\$500,519	\$319,175	\$134,734
Calidad	\$515,345	\$0	\$135,600	\$213,734
RRHH	\$693,960	\$0	\$40,583	\$0
Ingin	\$0	\$0	\$547,431	\$0
Ingeniería	\$445,650	\$0	\$43,504	\$32,466
Mittor	\$37,877	\$0	\$196,420	\$121,911
Producción	\$203,995	\$0	\$16,233	\$37,498
Total	\$7'281,045	\$2'280,199	\$1'494,283	\$967,270
Total tiempo	10,188 (min)			

Nota. Tomado de “Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industriales” por Cali por Fory, J., Calderón, C. & Escobar, N., 2019.

Caso 7: Industria de muebles peruana

El siguiente caso de estudio fue presentado por Bazan, K., Chávez, C.; Ramos, E.; Eyzaguirre, J. & Mesia, R. (2019) en la 7th Internacionla Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC) llevada a cabo en Panamá. A diferencia de los casos presentados anteriormente, esta investigación realiza una simulación de su propuesta de mejora

con el software Arena versión 14.0. La ventaja de realizar una simulación, como paso previo a la implementación de la mejora, radica en conseguir resultados acordes a la realidad de la empresa a bajo costo y sujetos a modificaciones o ajustes.

De esta forma, los autores exhiben la realidad de una pyme dedicada a la fabricación de muebles, perteneciente al Parque Industrial de Villa el Salvador. En la empresa, al igual que la mayoría de empresas que pertenecen a dicho sector, es recurrente el desorden y el flujo inadecuado, puesto que inició de manera informal con ambientes de producción adaptados en casa a las necesidades de la empresa. Enseguida, se presenta el diagrama del proceso productivo de la fabricación de muebles de madera.



Figura 23 Procesos de Fabricación de Muebles de Madera

Tomado de "An integrated system: Lean, Six Sigma and Theory of constraints, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru" por Bazan, K., Chávez, C.; Ramos, E.; Eyzaguirre, J. & Mesia, R., 2019.

Ante esta situación la investigación propone un sistema integrado de Lean y Teoría de Restricciones para la mejora del tiempo de producción y productividad anual. La propuesta menciona que a partir de la gestión TOC, se determinó la restricción principal del proceso de fabricación, por su parte el sistema Lean permitió la identificación y eliminación de

desperdicios en el proceso, cuyo complemento se realiza con Six Sigma para que permita el control de la variabilidad del proceso, y con ello se eliminen los desperdicios y reprocesos.

Ante ello, el primer paso consistió en la identificación del tiempo total de la producción actual, a partir de construcción del VSM, el cual asciende a 598.63 min; al mismo tiempo se identificó que la operación cuello de botella con 399.00 min reía en el secado; finalmente, se calculó el Takt time requerido para la fabricación de un mueble y al mismo tiempo satisfacer con la demanda, el cual arrojó un resultado de 101.32 min/und, como se observa a continuación:

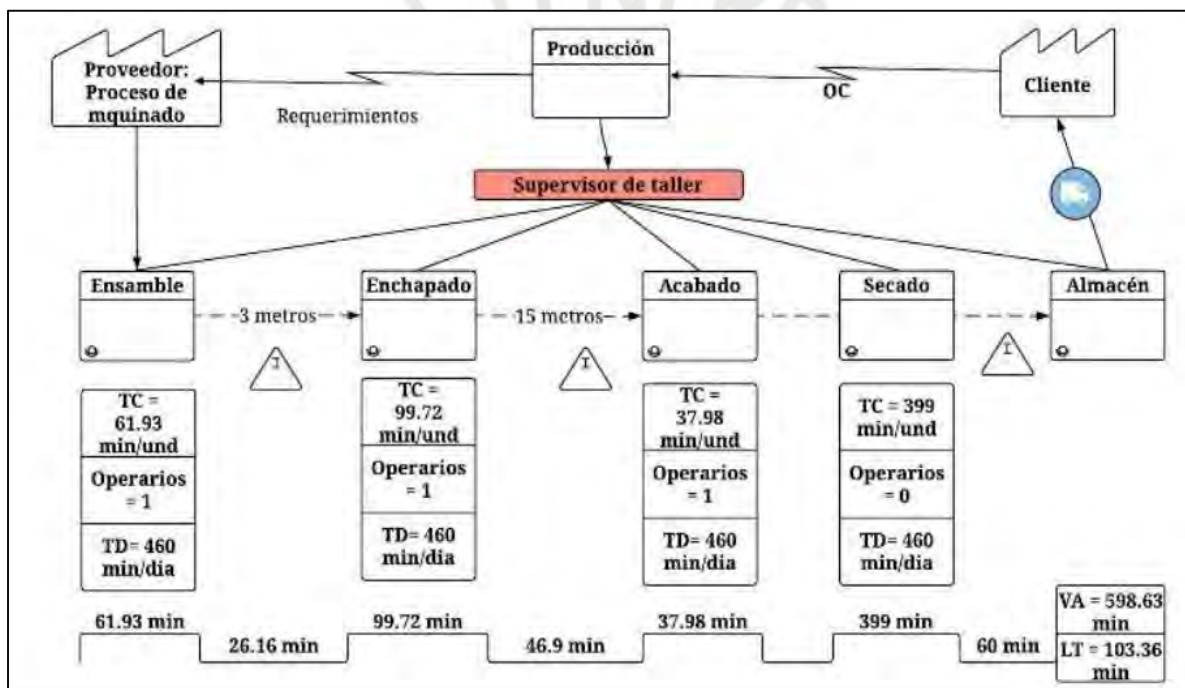


Figura 24 VSM del Proceso de Fabricación de Muebles

Tomado de "An integrated system: Lean, Six Sigma and Theory of constraints, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru" por Bazan, K., Chávez, C.; Ramos, E.; Eyzaguirre, J. & Mesia, R., 2019.

En segundo lugar, se analizó las causas del cuello de botella identificado y como resultado se obtuvo que no se tenía un lugar específico para el secado de las piezas terminadas, por lo que se colocan en aquellos espacios desocupados dentro del taller. Sin embargo, en las épocas con altos niveles de pedidos se tenía que bajar el ritmo de producción, puesto que el

espacio para el secado era insuficiente. Ante esta situación, la primera herramienta de Lean aplicada para la mejora fue la implementación de las 5s, y como parte de ello la creación de una cultura organizacional que mejore la manipulación de recursos y ambientes productivos. Por otro lado, a partir de la evaluación de los diagramas de recorridos se optó por la agrupación de áreas de trabajo que redujeron los transportes innecesarios, además se apartó el área de pintado del sellado con el objeto de eliminar los muebles finales defectuosos producto la caída de pintura.

Seguidamente, en base a los fundamentos expuestos en la teoría de restricciones, se determinó el proceso de enchape como el “tambor” y determinante de la velocidad de producción. Mientras que el “buffer” implementó posterior a la operación del ensamble, y asignar dos muebles ensamblados por cada operario. Aquí también se añade una mejora Lean al garantizar la producción por lotes más pequeños, de la misma forma se estableció la “cuerda”, que permita definir la velocidad de liberación de los materiales, dirigida por el proceso de enchapado. Otra de las propuestas realizadas, consistió en la asignación de un operario en la operación de ensamble, a fin de eliminar la restricción de dicho proceso.

El último paso, consistió en la simulación de las operaciones actuales y las mejoras propuestas, obteniendo los siguientes resultados, después de 491 corridas:

Tabla 16

Resultados de la Simulación en Arena 14.0

	Estado actual	Estado futuro	Mejora alcanzada
Tiempo del sistema (min)	624,65	612,72	Disminución del 2% en el tiempo de producción
Productos terminados al día	3	5	Aumento en 40% de la producción de muebles al día
Ingresos	2100	3500	Posibilidad de aumento del 67% en ventas
Nivel Six Sigma	2	4	-

Nota. Tomado de “*An integrated system: Lean, Six Sigma and Theory of constrains, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru*” por Bazan, K., Chávez, C.; Ramos, E.; Eyzaguirre, J. & Mesia, R., 2019.

Tabla 17

Comparación de Productividades

	Estado actual	Estado futuro	Mejora
Tiempo de producción (min/unid)	691,12	655,36	5%
Productividad actual	0,00160	0,00172	7%

Nota. Tomado de “*An integrated system: Lean, Six Sigma and Theory of constrains, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru*” por Bazan, K., Chávez, C.; Ramos, E.; Eyzaguirre, J. & Mesia, R., 2019.

A partir de las mejoras propuestas, se concluyó que, a partir de la implementación de las propuestas de mejoras basadas en un sistema integrado de Lean y TOC, aplicadas a la empresa analizada se puede obtener hasta un 5% de mejora en los niveles de producción, puesto la capacidad de producción diaria se incrementaría de 5 a 7 unidades, incrementando así la posibilidad de ventas en un 67%. Por otro lado, los niveles de desperdicios por productos fallidos se redujeron logrando una calidad de nivel 4 sigma.

Caso 8: Identificación de principales obstáculos en la implementación de Lean

En los casos precedentemente expuestos, se ha evidenciado resultados positivos a raíz de la aplicación de la metodología Lean; sin embargo, el éxito de la implementación está sujeto a factores tanto exógenos como endógenos. Respecto a este tópico una investigación presentada en la Conferencia de Jóvenes Investigadores Rusos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, a cargo de Iashchenko, V. & Orlava, E. (2019) de la Universidad Electrotécnica de San Petersburgo, proporciona una perspectiva acerca de los posibles obstáculos en la aplicación de la metodología de la mejora continua japonesa. Por consiguiente, el estudio expone que alrededor de 2/3 de empresas en Estados Unidos vienen implementado la producción ajustada

y la mayoría de ellas con resultados exitosos. Por lo contrario, en Rusia un porcentaje menor al 10% de las empresas han implementado la filosofía esbelta como parte de sus operaciones. La sustancial diferencia de implementación y resultados obtenidos dependen del tipo de industria a la cual se implementa y apoyo externo que pueda recibir la compañía.

▪ **Factores exógenos:**

- Una de las principales limitantes, exógenos, es la falta apoyo por parte del estado que promueva la implementación de esta metodología en empresa, así como la generación de información sobre la aplicación estos conceptos en la práctica laboral. Por ejemplo, EE.UU. cuenta con programa estatal que difunden e instruye acerca de la implementación de las tecnologías lean en actividades empresariales.
- Falta de intercambio de conocimiento y experiencias entre empresas. Además, uno de los errores con mayor recurrencia es la adopción de la filosofía, sin previamente haber eliminado el desecho. Se debe aplicar las herramientas y prácticas de la metodología para dar solución a un determinado problema, mas no por ser una práctica de moda.
- En Rusia; por ejemplo, la cultura corporativa absorbe parte de la mentalidad nacional. De esta forma, las empresas que deciden implementar la metodología Lean, suelen sólo optar por la implementación de herramientas esbeltas por separado. Siendo los resultados obtenidos insatisfactorios y son los trabajadores quienes el nuevo enfoque de trabajo y buscan nuevas alternativas con resultados inmediatos. Por ende, se puede concluir que el sistema aún no se encuentra preparado para instaurar este tipo cambios en la empresa, de acuerdo a las estadísticas de los autores del 50 a 95% de intentos de implementar la filosofía fallan, por lo que la alta gerencia rusa prefiere desistir de esta teoría.

▪ **Factores endógenos:**

- Los factores internos de la empresa limitantes para la adecuada implementación son los valores corporativos, nivel de conocimiento y motivación del personal. Como se ha señalado

en la descripción de la metodología, la implementación de Lean implica a adquisición del conocimiento, su práctica y preservación entre los trabajadores. Así mismo, la motivación del personal es determinante para la adecuada implementación, puesto se requiere involucrados íntimamente con cada parte del proceso del cual son partícipes, porque nadie mejor que ellos para determinar la viabilidad de las soluciones planteadas.

- El temor a la optimización y búsqueda de resultados inmediatos también determina un riesgo en la implementación de la producción ajustada. Pero se debe entender que este concepto es parte un ciclo de mejora continua, donde se requiere de tiempo de capacitación, adaptación y estandarización. Por ejemplo, algunas empresas rusas tratan de implementar las herramientas en un mes, medio año o un máximo de un año y no ven mejora, por lo que concluyen que la producción ajustada no es para ellos y funciona solo en Japón o en Europa, mas no en Rusia; según lo destacan los autores de la investigación.
- El grado de madurez de procesos en la organización y el sistema de gestión de políticas de recursos son otros factores importantes al momento de implementar las soluciones planteadas. Las políticas de asignación adecuada y efectiva de recursos son primordiales para desarrollo de estrategias esbeltas. Otro error frecuente es creer que la gestión de esta metodología es fácil, puesto enfrenta muchas dificultades como la incorporación de ciertas herramientas que requieren un continuo control.

De esta manera, por citar algunos ejemplos los autores exponen el caso dónde la implantación de Lean es sus organizaciones no obtuvo resultados exitosos por una mezcla de factores exógenos y endógenos, en Irán que presentó conflictos por dilemas morales, al momento de implementar los programas de manufactura esbelta al no involucrar activamente en este cambio a los trabajadores, lo cual afectó directamente en el desempeño del operacional y del personal. Mientras tanto, una empresa sueca por su alto ritmo de producción, causo el abandono de la metodología por falta de tiempo y apoyo por parte de la alta dirección.

Respecto al tema, Dirk, A. (2019) en su investigación resalta que el fracaso en la implementación Lean también se debe a que muchas empresas asumen este tipo de gestión popularizada; por ende, no desarrollan cada una de las herramientas propuestas como se debiese. Según sustenta el autor, entre el 60% a 90% de los programas que copian las herramientas Lean de otra compañía fracasan, porque no tienen interiorizado el mensaje entre sus integrantes. Otra crítica que realiza al sistema es que esta filosofía no se ajusta a una producción en masa, por lo contrario.

Finalmente, la investigación concluye que es determinante realizar un estudio previo y detallado del grado de influencia de los factores endógenos y exógenos, antes de implementar la metodología esbelta en la empresa. Ello se puede lograr a través de métodos de recopilación y procesamiento de datos, como el análisis factorial exploratorio y confirmatorio, de esta manera el modelado de las barreras para introducir Lean propuesto por los autores de la investigación, se basa en las siguientes ecuaciones:

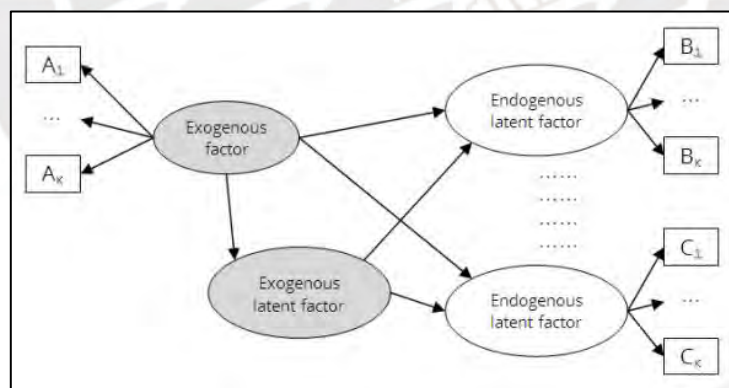


Figura 25 Estructura del Modelo Propuesto de Barreras para la Producción de LP

Tomado de "Obstacles to the Introduction of Lean Production in Electrotechnical Enterprises", por Iashchenko, V. & Orlova, E., 2019.

Caso 9: Caso de industria minera chilena

El caso expone una innovación en el proceso de abastecimiento de neumáticos de la compañía "CAP Minería" de Chile que fue realizada por el Ing. Barrientos Boccardo Victor,

Jefe de Mantenimiento en el 2019. La necesidad de reducción de costos por hora; por ejemplo, el desgaste de recursos como neumáticos requeridos para efectuar operaciones mineras, no sólo aqueja a la empresa en mención, sino a la gran mayoría de empresas mineras. Ante esta situación, el ingeniero y su equipo plantearon una solución que integra el estudio del aprovechamiento máximo del rendimiento de neumáticos, complementado con el diseño de un proceso de abastecimiento y cambios de neumáticos *just in time*. Lo anterior basado en un marco de trabajo de innovación disruptiva en la clasificación de “innovación en los procesos” de acuerdo a Larry Keeley.

En primer lugar, se realizó un estudio de las características de los neumáticos requeridos; para ello, se consultó con los proveedores especialistas acerca de la vida útil de las piezas. La recomendación obtenida fue utilizar el primer tercio de vida útil del neumático en la posición delantera del camión neumático, porque es la parte que recibe el mayor esfuerzo. Mientras que el resto de la vida útil puede ser utilizado en la posición posterior que tan solo recibe un quinto del esfuerzo general. A continuación, se muestra una imagen del camión de neumático utilizado en la minera y las fuerzas a las cuales se ve sometido durante su funcionamiento.

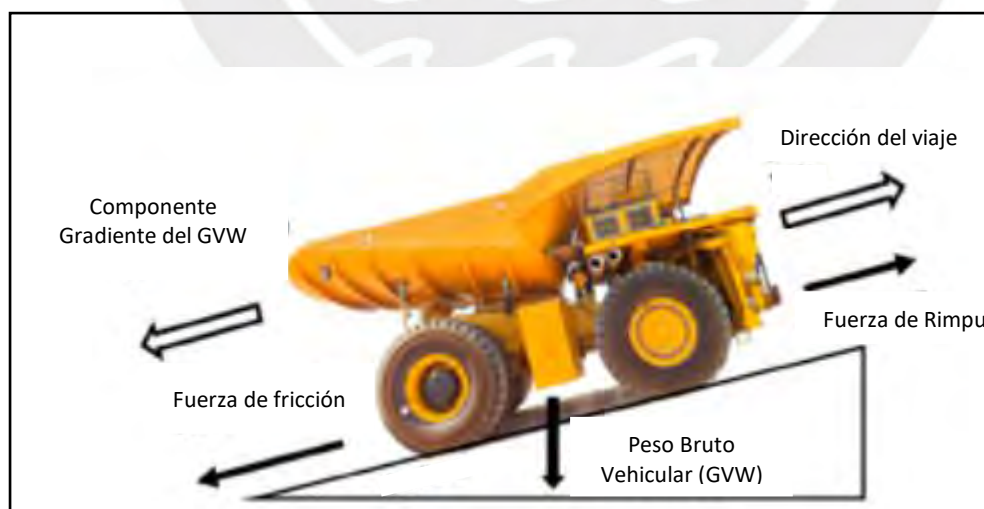


Figura 26 Diagrama de Fuerzas del Camión Minero

Tomado de “Disminución de los costos por hora en neumáticos de camiones mineros”, por Barrientos, V., 2019.

En paralelo, se realizó un estudio mecánico en base a una muestra de neumáticos sometidos a la simulación de las operaciones realizadas. Como resultado, se obtuvo la “frecuencia de rotación óptima” que permita conocer el tiempo de uso adecuado por posición del neumático; lo cual permite a su vez, minimizar el consumo elevado de neumáticos nuevos y programar el mantenimiento y abastecimiento óptimo de los mismos.

Como se describe, el neumático después de ser utilizado en la parte delantera del camión requiere un mantenimiento y reparación especializado previo al cambio de posición. En este proceso es determinante seguir la metodología *just in time*, caso contrario el requerimiento de neumáticos nuevos incrementará por falta de stock de neumáticos reutilizables.

La implementación de dicha mejora trajo consigo la identificación de dos ventajas competitivas de esta faena minera: “La predictibilidad del consumo de neumáticos nuevos y distancia a los centros de reparación de neumáticos”. La primera de ellas, hace referencia al proceso establecido bajo la metodología Lean, y la exigibilidad de limpieza de las pistas que evite los cortes de neumáticos y con ello sus desechos prematuros. Así mismo, permitió la determinación de proyección de consumo con mínimas variaciones de demanda. El resultado cuantitativo de esta mejora, se evidencia bajo un *benchmarking* realizado con otras faenas mineras de la región, en este caso “CAP Minera” es representada bajo la denominación “A”.

Tabla 18

Benchmarking de las Empresas Mineras

Faena minera	Porcentaje de neumáticos dado de baja por desgaste
A	82%
B	27%
C	25%
D	14%
E	4%
F	0%
G	0%
H	0%

Nota. Tomado de “Disminución de los costos por hora en neumáticos de camiones mineros”, por Barrientos, V., 2019.

Como se observa, la empresa tiene el mayor porcentaje de aprovechamiento de utilización de neumáticos en comparación a las mineras de cobre de la región de Sudamérica. Lo cuál se traduce en el ahorro de compra de neumáticos nuevos. De esta forma, “CAP minera” obtuvo una disminución del 30% en costos por hora y una reducción del 70% de tiempos logístico de mantenimiento debido al *just in time*.

2.3.2 Discusión y comparación de casos propuesto con aplicación de Lean

La filosofía Lean reúne principios que de manera sistemática identifiquen y eliminen desperdicios o actividades que no generen valor en un proceso. A partir de los casos estudiados, se evidencia que la implementación de esta metodología se debe realizar en tres fases; por ejemplo, en el caso de las tienda Zara la primera fase constituyo el trabajo activo y colaborativo de los trabajadores en esta etapa la capacitación y participación activa de los trabajadores, es de vital importancia para la desarrollo de las siguientes fases, la segunda fase constituyo la mejora en pronóstico de su demanda con la finalidad de mejorar sus métodos que determinen tendencias y demandas de la moda, finalmente la última fase incorporó tecnología de la información.

Por su parte la investigación realizada por Fory, J., et al (2020) a una fábrica de refrigeradoras, dividió el proyecto Lean en las siguientes etapas: Identificación y clasificación de procesos, seguido por el análisis de la situación de los procesos y la incorporación de la metodología *just in time*. La investigación realizada por Bazan, K., et al (2019) a una empresa de muebles peruana, muestra también 3 fases definidas para la implementación de su mejora constituidas por la identificación del tiempo total de producción actual, análisis de causas del cuello de botella identificado, y la simulación de las operaciones actuales y las mejoras propuestas. Como se observa, las empresas subdividen la implementación de esta filosofía por etapas, cuyo planeamiento de las actividades está constituido por el requerimiento de cada

empresa; por ejemplo, el proyecto de Zara es una implementación que busca perdurar en el tiempo; por ello, su primera etapa consistió en un acercamiento e interiorización del mensaje de eliminación de desperdicios con el personal. Por su parte, las otras dos investigaciones al ser realizadas por consultores o personal tercero a la empresa, tienen un sesgo de proyectos, en donde primero se identifica los desperdicios, se analiza la causalidad de esto y finalmente se trabaja en una solución.

Los principales desperdicios encontrados en las investigaciones son desordenes y flujo inadecuado en almacén, altos volúmenes de abastecimiento de materias primas que originan una acumulación excesiva de inventario, recorridos innecesarios y actividades que no generan valor, como el recuento de piezas, paradas de línea por la falta de material.

Por otro lado, es recurrente que, en las MYPES, se identifiquen desperdicios como los antes mencionado y la causa principal es porque iniciaron sus operaciones de manera informal, en pequeños espacios de sus hogares o cocheras.

En cuanto a las principales herramientas de diagnóstico utilizadas en los casos expuestos, destaca el uso del VSM por la empresa de refrigeradoras colombiana y la empresa de muebles peruana. Lo que permite la identificación de las operaciones cuello de botella y enfocar los esfuerzos de mejora en aquellas operaciones. Así mismo, en las investigaciones revisadas se evidencia principalmente la implementación de un sistema de 5S, que permita eliminar desperdicios; de esta forma la siguiente herramienta Lean como *Kanban* y *just in time*, que agilizan las operaciones.

Por otro lado, a diferencia de los casos expuestos precedentemente la investigación de Bazan, K., (2019) a una empresa de muebles peruana, propone la simulación de las operaciones actuales y las mejoras propuestas. Lo cual permite sin tener que ejecutar el modelo propuesto, obtener resultados similares a la realidad de las operaciones, lo cual permite ahorrar costos de prueba y error; y realizar ajustes a los modelos Lean.

Para la implementación de la metodología Lean en una empresa es determinante realizar un estudio previo y detallado del grado de influencia de los factores endógenos y exógenos. Ello se puede lograr a través de métodos de recopilación y procesamiento de datos, como el análisis factorial exploratorio y confirmatorio.

Finalmente, la implementación de la metodología Lean ofrece a las MYPES una herramienta para mejorar su competitividad en el mercado; sin embargo, el éxito de la implementación no sólo se basa en la adecuada difusión de los conocimientos, además requiere el compromiso e involucramiento del personal en todos sus niveles. La resistencia al cambio podría significar el fracaso de esta implementación.

CONCLUSIONES

En este último capítulo se expone las principales conclusiones producto del análisis de la bibliografía e investigaciones previamente descritas en el presente trabajo de investigación.

- Una investigación enfocada a la mejora de un área o proceso específico, como primera etapa debe identificar la situación actual y, recopilar datos cualitativos y cuantitativos. De esta manera, herramientas como diagramas de flujo, mapas de procesos o planos de servicio facilitan el entendimiento del proceso. Por otro lado, herramientas como el Gráfico de Pareto, Diagramas de dispersión, Value Stream Mapping, Diagrama de causa y efecto, entre otros; permiten ordenar y analizar la información recopilada. La aplicación de estas herramientas en el diagnóstico de situación actual de la operación, proceso o área de interés, al término de la investigación permite cuantificar la magnitud de la variable de mejora; como se evidencia en casos de estudio analizados.
- El Plan de Requerimiento de Materiales (MRP) es una herramienta de planificación de ordenes de compras y producción, en volumen y tiempo de abastecimiento apropiados.

La finalidad de la aplicación de esta herramienta de minimizar el stock de materia prima, productos en procesos y terminados que generen altos costos de mantenimiento de inventarios. La eficiencia de aplicación de esta herramienta, está sujeta a información de un adecuado pronóstico de ventas y una lista de materiales requeridos para la fabricación o ensamblaje del producto. Así mismo, existe un segundo nivel de análisis constituido por el Plan de Requerimiento de Capacidad (CRP), el cual ajusta los niveles de órdenes de compras y producción, en base a los niveles de capacidad de producción y almacenamiento. Sin embargo, la MRP puede estar sujeto a una desviación o una afección debido a cambios de tendencias, imprevistos que podría generar acumulación de inventario; producto de la incertidumbre de la demanda. Por ello, se debe realizar de manera periódica ajustes y actualizaciones del inventario disponible en la herramienta.

- La adecuada gestión de inventarios impacta económicamente en la empresa, a través del ahorro generado con la compra de niveles requeridos de compra de insumos y materiales, especialmente en productos perecibles, y mantenimiento de niveles óptimos de inventario de productos en proceso y terminados. Por otro lado, la adecuada planificación, el adecuado nivel de órdenes de compras y producción permite reducir significativamente la rotura de stock, por ende, reducir las ventas perdidas.
- Por su parte, la filosofía Lean propone una gama de herramientas específicas para la mejora de problemáticas de carácter de operativo. La elección de la herramienta depende del tipo de problemática que atraviese la empresa, el tipo de producto o servicio, la cantidad de productos ofertados, entre otros. La finalidad de los sistemas Lean es la reducción de desperdicios en el proceso; para ello, se debe planificar las fases y estrategias a utilizar en cada una de ellas. Por ejemplo, se recomienda en primer lugar informar, capacitar y motivar al personal a ser parte del cambio de la mejora continua;

seguido de un análisis de situación actual con apoyo de herramientas como el VSM; para el inicio de la mejora es recomendable iniciar con la implementación de las 5s, seguido de la herramienta Lean ajustada a la realidad de la empresa y proceso.

- Finalmente, empresas de distintas industrias: manufactureras y de servicio, precedentemente expuestas, han alcanzado beneficios económicos considerables, al implementar herramientas de planificación de operaciones y gestión de inventarios mediante la MRP, y filosofía Lean en la mejora de sus procesos.



BIBLIOGRAFIA

- Altab, M., Yuanjian, Q., Kabir, N. & Barua, Z. (2018). *Super responsive supply chain: The case of spanish fast fashion retailer Inditex-Zara*. *Internacional Journal of Bussines and Management*; Vol 13, No. 5. Disponible 14 de junio de 2020 de: <https://doi.org/10.5539/ijbm.v13n5p212>
- Barrientos, V. (2019). Disminución de los costos por hora en neumáticos de camiones mineros. Disponible 07 de agosto del 2020 de: <https://mantenimientominero.cl/wp-content/uploads/2019/03/Articulo-Publicado-1.-Neumaticos-Revista-Horizonte-Minero-Argentina-Feb2019.pdf>
- Bazan, K., Chávez, C.; Ramos, E.; Eyzaguirre, J. & Mesia, R., (2019). *An integrated system: Lean, Six Sigma and Theory of constrains, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru*. Disponible 14 de junio de 2020 de: 10.1109/IESTEC46403.2019.00070
- Carreño, A. J. (2017). *Cadena de suministro y logística*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP
- Chase, R. B., & Jacobs, F. (2018). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. (15va.ed.) Mexico: McGraw-Hill.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. (3ra. ed.) México: Pearson Educacion
- Chopra, S. (2020). *Administración de la cadena de suministro*. (6a. ed.) Pearson Educación. Recuperado de: <http://www.ebooks7-24.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/?il=9397>
- Coyle, J. (2018). *Administración de la cadena de suministro*. (10a. ed.) Cengage. Recuperado de <http://www.ebooks7-24.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/?il=4643>
- Cuatrecasas, L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ed. Diaz Santos. Recuperado de: <http://www.ebooks7-4.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/?il=4394>
- Dirk, A. (2019). *Advancing lean management: The missing quantitative approach*. Disponible 25 de junio de 2020 de: <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100114>
- EADA. (2003). *Zara: Moda rápida*. Disponible 14 de junio de 2020 de: https://www.academia.edu/6414246/ZARA_Moda_r%C3%A1pida_Caso
- Fory, J., Calderón, C. & Escobar, N. (2019). *Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industriales*. Disponible 17 de junio de 2020 de: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/20.500.12421/1161/1/IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20JUSTO.pdf>

- Hilletoth, P., & Hilmola, O. P. (2008). *Supply chain management in fashion and textile industry*. *International Journal of Services Sciences*, 1(2), 127. Disponible 14 de junio de 2020 de: doi 10.1504/ijssci.2008.019608
- Iashchenko, V. & Orlava, E. (2019). *Obstacles Introduction of Lean production in Russian Electrotechnical enterprises*. IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. Disponible 21 de junio de 2020 de: doi:10.1109/eiconrus.2019.8657146
- Jain, C. L. (2019). *Why the S&OP process needs a dedicated E-commerce team*. *The Journal of Business Forecasting*, 38(3), 4-5. Disponible 14 de junio de 2020 de: <https://search-proquest-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/docview/2389218193?accountid=28391>
- Krajewski, J., Ritzman, L & Malhotra M. (2008). *Administración de Operaciones*. (8va, ed.) Pearso Education,
- Martinez-Senra, A., Sartal, A. & Vásquez, X. (2012). “*Tintorías de posguerra*” e innovación organizativa en Inditex: una perspectiva contractual de la gestión de la cadena de suministro. *Universia Business Review* pp. 36-51. Disponible 13 de junio de 2020 de: <http://search.ebscohost.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=77850552&lang=es&site=ehost-live>
- Orihuela, R.& Deirdre, H. (2020). *Zara owner built a Post-Covid Retail before virus came along*. Bloomberg publicación del 6 de junio del 2020. P.1 Disponible 14 de junio de 2020 de: https://pucp.ent.sirsi.net/client/es_ES/campus/search/results?qu=ZARA+LEAN&te=#
- Portales, H., Yalan, J., Sotelo, J. & Ramos, E. (2019). *S&OP impact on inventory management in a Peruvian textile Company*. Disponible 13 de junio de 2020 de: 10.1109/CONIITI48476.2019.8960897
- Robert, F., B., R. (2018). *Administración de operaciones*. (15a. ed.) McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de; <http://www.ebooks7-24.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/?il=7742>
- Salvatierra, J. (2020, 10 de junio). *Inditex presenta sus primeras pérdidas de su histórica por el impacto del corona virus*. *El País*. Disponible 15 de junio de 2020 de: <https://elpais.com/economia/2020-06-10/inditex-registra-las-primeras-perdidas-desde-su-salida-a-bolsa-por-el-impacto-del-coronavirus.html>
- Schroeder, R., Meyer, S.& Rungtusanatham, M. (2011). *Administración de operaciones*. (5ta.ed.) México: McGraw-Hill
- Socconini, L. (2019) *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Barcelona https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=lean&ots=DHHTyYxk8R&sig=U4SAZQBQUZ7yjwt0Evkomown60Fc&redir_esc=y#v=onepage&q=lean&f=false

The leadership networking. (2015). *How Zara used Lean to become the largest fashion retailer*. Disponible 14 de junio de 2020 de: <https://theleadershipnetwork.com/article/zara-lean-fashion-retail>

Vergara, R. (2016). *Process and Facility Design and Improvement: A Case Study on the Lean Production Management of the Spanish Fashion Retailer Zara*. Disponible 14 de junio de 2020 de: https://www.researchgate.net/publication/303859953_Process_and_Facility_Design_and_Improvement_A_Case_Study_on_the_Lean_Production_Management_of_the_Spanish_Fashion_Retailer_Zara

