UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2019-11-05

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE MODELO LEAN EN UNA PYME USANDO VALUE STREAM MAPPING

LAHR PÉREZ, FELIPE ANTONIO

https://hdl.handle.net/11673/49510

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE MODELO LEAN EN UNA PYME USANDO VALUE STREAM MAPPING

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

FELIPE ANTONIO LAHR PÉREZ

PROFESOR GUÍA

PABLO ANDRÉS VIVEROS GUCKEL

SANTIAGO, 05 DE NOVIEMBRE, 2019

DEDICATORIA

"La inteligencia consiste no solo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica"

Aristóteles

A Benjamín, que sigas creciendo como el niño inteligente, lindo y alegre que eres.

A mi madre, por su eterno amor, paciencia, apoyo y compañía.

AGRADECIMIENTOS

"Una vida sin reflexión no merece la pena ser vivida"

Sócrates

Con este trabajo finalizo una gran etapa en mi vida, que significó un tremendo esfuerzo, sacrificio, aprendizaje y crecimiento personal y profesional, en el cual me acompaño mi amado hijo Benjamín, que llegó a mi vida para enseñarme que, si uno quiere, puede lograr lo que sea, pese a que todo se ponga cuestas a arriba.

Quiero agradecer a todos aquellos grandes amigos que conocí en esta etapa y que me acompañaron en este proceso, con quienes compartí tiempos de estudios y risas. Domingo, Tito, René, Freddy, Camilo, Marcelo, Javier, Jorge, Cristóbal y Arturo; espero que nuestra amistad perdure.

Agradecer también a todas las personas que en este largo camino me impulsaron de una manera u otra a completar mis metas y que me dieron la mejor de sus energías cuando más las necesité, en especial a mi Compadre, Primo y Amigo, Fernando Andrés Pérez Jeldes.

Finalmente, agradecer a mi madre, Mabel, por su dedicación y esfuerzos. También mencionar a mis hermanos Pablo y Romina, con quienes atesoro recuerdos de una linda infancia. En último lugar, mencionar a mi Tata y Abuela, Hernán y Graciela Blanca que se esforzaron en darme lo más importante, que son principios y valores.

RESUMEN EJECUTIVO

El sector de las PYMEs es uno de los mayores contribuyentes a la actividad económica mundial y en particular en la economía chilena. Las empresas del sector deben afrontar demandas cada vez más cambiantes y exigentes del mercado actual con productos cada vez más competitivos en cuanto a precio, calidad y nivel de servicio. Ante esta situación, los sistemas productivos de las empresas deben estar adaptados para responder con agilidad, rapidez y el menor coste posible a las exigencias de los clientes.

Una filosofía comúnmente aplicada para mejorar el rendimiento de la producción se llama pensamiento Lean. Este método, derivado del Sistema de producción de Toyota, elimina las actividades innecesarias al tiempo que aumenta la fuerza competitiva y la capacidad de respuesta de una empresa. Muchas empresas fracasan en su intento de volverse Lean y, por lo tanto, se necesitan técnicas para guiar la implementación. Esta tesis propone utilizar Value Stream Mapping como una técnica de implementación para las PYME.

El Value Stream Mapping (VSM) es una técnica desarrollada al amparo del modelo de la Producción Lean con el fin de apoyar a las empresas manufactureras en el proceso de rediseño de sus entornos productivos. Esta técnica se prueba en una empresa como un caso de estudio. Al aplicar la herramienta Value Stream Mapping a un proceso específico dentro de esta empresa, se revela un potencial de mejora sustancial.

La tesis concluye que el pensamiento Lean es aplicable a las PYME, al menos bajo ciertas circunstancias. Además, Value Stream Mapping puede ser una herramienta valiosa para revelar el potencial de mejora.

INDICE

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTOS ii
RESUMEN EJECUTIVO iii
INDICE iv
ÍNDICE DE FIGURAS v
ÍNDICE DE TABLAS vi
GLOSARIO vii
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
2. OBJETIVOS 4
2.1 OBJETIVO GENERAL 4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
3. MARCO TEÓRICO 5
3.1 LEAN MANUFACTURING 5
3.1.1 Historia 5
3.1.2 Comprender el sistema de producción de Toyota (TPS) 9
3.1.3 De TPS a Lean 11
3.1.4 Herramientas Lean 12
3.1.5 Efectos de Lean 17
3.2 APLICABILIDAD DE LEAN 19
3.2.1 Condiciones específicas del país 19
3.2.2 Condiciones específicas de la industria 20
3.2.3 Condiciones específicas tamaño organización 22
3.3 IMPLEMENTACIÓN LEAN 24
3.3.1 Características del método de implementación 25
3.3.2 Métodos de Implementación 27
4. VALUE STREAM MAPPING 31
4.1 DESECHOS Y FLUJOS DE VALOR 31
4.2 PROCESO DE MAPEO DE FLUJO DE VALOR 34
4.2.1 Estado Actual 35
4.2.2 Estado Futuro 38
4.3 SIMBOLOGÍA DEL VSM 41
5. VALUE STREAM MAPPING APLICADO 42
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 42

5.2 FAMILIA DE PRODUCTOS 44
5.2.1 Características familia de productos 45
5.2.2 Candidatas Familia de Productos 46
5.3 ESTADO ACTUAL 48
5.3.1 Información general del proceso 49
5.3.2 Pasos del proceso 49
5.3.3 Niveles de Inventario 51
5.3.4 Cronograma 51
5.3.5 Value Stream Map 52
5.4 ESTADO FUTURO 53
5.4.1 Preguntas Orientadoras 53
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 58
6.1 DISCUSIÓN DE LA EMPRESA 58
6.2 DISCUSIÓN GENERAL 60
7. CONCLUSION E IMPLICACIONES 62
7.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 62
8. LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES 65
8.1 LIMITACIONES 65
8.2 INVESTIGACIÓN FUTURA 66
9. ANEXOS 68
10. REFERENCIAS 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Toyota Production System House. 9

Figura 2: 5S Lean Management. Elaboración Propia. 13

Figura 3: Kai Zen. Fuente: www.iprofesional.com. 13

Figura 4: Just in Time. Elaboración Propia. 14

Figura 5: Principios SMED. Elaboración Propia. 15

Figura 6: Six Sigma. Elaboración Propia. 16

Figura 7: 7 Desechos de Muda. Elaboración Propia. 33

Figura 8: Esquema de Valor Agregado. Elaboración Propia.....34

Figura 9: Pasos Value Stream Mapping. Rother, M., & Shook, J. (2003). 35

Figura 10: Ejemplo Estado Actual VSM. Rother, M., & Shook, J. (2003). 38

Figura 11: Ejemplo Estado Futuro VSM. Rother, M., & Shook, J. (2003).....41

Figura 12: Organigrama CLIMATIZACIÓN S.A. Elaboración Propia. 43

Figura 13: Organigrama Subgerencia Logística. Elaboración Propia.....44

Figura 14: Bombona Refrigerante R410. CLIMATIZACIÓN S.A. 48

Figura 15: Procesos por los que pasa un producto. Elaboración Propia. 50

Figura 16: Cronograma Procesos. Elaboración Propia. 52

Figura 17: VSM Actual CLIMATIZACIÓN S.A. Elaboración Propia. 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Marco de Incertidumbre. Lee (2002) 21

Tabla 2: Cuadro comparativo métodos de implementación. Elaboración Propia. 29

Tabla 3: Cantidad Materiales Solicitados. Elaboración Propia.....47

Tabla 4: Stock Mínimo Mantención. Elaboración Propia.....47

Tabla 5: Comparación Características Familia de Productos. Elaboración Propia....48

Tabla 6: Tabla Creación KPIs. Elaboración Propia. 56

Tabla 7: Ahorro Potencial Subgerencia Logística. Elaboración Propia. 57

Tabla 8: Cuadro Comparativo VSM. Elaboración Propia.....60

GLOSARIO

FIFO: First in First Out

GM: General Motors

IMVP: International Motor Vehicle Program

JIT: Just in Time

KPI: Key Performance Indicator

MRP: Manufacturing Resources Planning

NNVA: Necessary Non-Value Added

(N)NVA: Necessary Non-Value Added and Non-Value Added

NUMMI: New United Motor Manufacturing, Inc.

NVA: Non Value Added

PYME: Pequeña y Mediana Empresa

SME: Small and Medium Enterprise

SMED: Single Minute Exchange of Dies

SLA: Service Level Agreement

TOC: Theory of Constraints

TPS: Toyota Production System

VA: Value Added

VSM: Value Stream Map(ping)

WIP: Work In Progress

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

"Lo último que uno sabe, es por dónde empezar"

Blaise Pascal

La naturaleza competitiva, económica y global actual de los mercados internacionales presenta a las empresas un conjunto cambiante de las reglas del juego. Para las empresas occidentales, esto significa que su posición históricamente dominante está amenazada por jugadores de los mercados entrantes. Especialmente las compañías de producción han sentido que esta presión aumenta en las últimas décadas. Tres tendencias en particular obligan a las empresas de producción a mejorar su competitividad; globalización, clientes exigentes y la actual recesión económica.

Estas tendencias también afectan a un importante grupo de empresas, las pequeñas y medianas empresas (PYME). Las PYME se definen como empresas con menos de 250 empleados, y menos de UF 100.000 de ingresos anuales. Este grupo de empresas representa una parte importante de la economía chilena. El 98 por ciento de las empresas en Chile son PYME, y el 42 por ciento de los empleos del sector privado se encuentran en PYMEs.

Las PYME tienen relativamente poco poder de negociación con sus clientes y proveedores con respecto a las condiciones de pago para mejorar los niveles y precios del capital de trabajo (Manoochehri, 1988; Porter, 1979). Sus problemas con el capital de trabajo conducen a problemas financieros, ya que tienen poco poder de negociación con sus

prestamistas (especialmente los bancos) y los bancos actualmente no están interesados en aumentar las facilidades de crédito para las empresas.

La combinación de las tendencias mencionadas anteriormente y los efectos que estas pueden llegar a tener hace necesario que las PYMEs mejoren sus procesos para sobrevivir. Un método popular para que las grandes empresas mejoren los procesos de producción es participar en la implementación de la filosofía de producción Lean (Hopp & Spearman, 2008). Esta metodología, derivada del Sistema de producción de Toyota, se enfoca en eliminar actividades derrochadoras, clasificadas en siete tipos de desechos: Transporte, Inventario, Movimiento, Espera, Sobre procesamiento, Sobreproducción y Defectos. La investigación muestra que la implementación de la fabricación Lean puede conducir a mejoras significativas en los indicadores de rendimiento general, como la productividad, la calidad y el tiempo de entrega (Zimmer, 2000).

El camino para volverse Lean puede estar lleno de obstáculos y muchas compañías fracasan en su intento (Sohal y Egglestone, 1994). Esto se describe en abundante investigación, especialmente en relación con las grandes empresas. La implementación de Lean en las PYMES recibió menos atención en la literatura académica. Como esta filosofía puede arrojar resultados positivos en grandes empresas, es interesante entender si es aplicable a las PYME en un grado similar y este será el enfoque de esta tesis.

Esta tesis propone utilizar una técnica, llamada Value Stream Mapping (VSM), como punto de partida para que las PYMEs se vuelvan Lean y, por lo tanto, más productivas y competitivas. La técnica VSM describe primero todo el proceso de un producto específico (familia). A través de una serie de preguntas, la técnica luego guía hacia un estado futuro propuesto. En el futuro, se debe dedicar menos tiempo a actividades que no agreguen valor

al producto. Esta técnica tiene una serie de características favorables para aplicarla como método de implementación. Primero, es una técnica bien probada y relativamente simple. Además, VSM presenta sus hallazgos en representaciones visuales integrales de una cadena de valor. Esto es clave en la participación de la alta gerencia. Finalmente, da una indicación de qué herramientas Lean son aplicables para el proceso específico de la empresa. Esta ventaja final es de gran importancia, porque la fabricación Lean ofrece una gran variedad de herramientas y las empresas tienen problemas para identificar exactamente qué herramientas se necesitan y cómo deben implementarse (Pavnaskar, Gershenson y Jambekar, 2003).

El propósito de esta tesis es comprender si VSM es de hecho un método útil para que las PYME sean más productivas y sirvan mejor a sus clientes. Posteriormente, la pregunta de investigación es:

¿Value Stream Mapping ofrece una guía valiosa en la búsqueda de las PYME para ser más productivas y aumentar la capacidad de respuesta a la demanda de los clientes?

Las preguntas de investigación secundaria que comprenden la pregunta de investigación principal son:

(a) ¿La filosofía de fabricación Lean es aplicable a las PYME?

(b) ¿VSM es la herramienta más adecuada para iniciar Lean en las PYME?

(c) ¿VSM revela un potencial de mejora suficiente para las PYME?

Las preguntas secundarias de investigación A y B se investigarán principalmente mediante una extensa revisión de la literatura. La sección de metodología de esta tesis describirá el enfoque de la pregunta de investigación secundaria C.

2. OBJETIVOS

"La vida es y siempre seguirá siendo una ecuación incapaz de resolver, pero tiene ciertos factores que conocemos"

Nikola Tesla

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad de implementación de una metodología Lean en una empresa de tamaño medio, mediante el uso de Value Stream Mapping, para enfrentar las principales pérdidas y deficiencias en el desempeño de sus procesos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recaudar información en profundidad del funcionamiento de la metodología Lean, a través de un análisis cualitativo y recopilación de información de distintas fuentes de datos, determinando las herramientas más relevantes para analizar si la metodología Lean Manufacturing es aplicable a las PYMEs.
- Conocer las herramientas Lean Manufacturing, a través de un análisis cualitativo y recopilación de información, para analizar si VSM es la herramienta más adecuada para iniciar Lean en una PYME.
- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa en estudio, mediante el levantamiento de herramientas Lean Manufacturing, para analizar si VSM revela un potencial de mejora suficiente para las PYMEs.

3. MARCO TEÓRICO

"Si no lo puedes explicar de forma simple, no lo entiendes suficientemente bien"

Albert Einstein

En esta revisión de la literatura, primero se explicará la historia de la fabricación Lean, sus herramientas más utilizadas y los resultados que se pueden lograr mediante la implementación de la adaptación. Luego, se discutirá la aplicabilidad de la fabricación Lean en diferentes campos y tipos de empresas. Finalmente, se cubren los métodos de implementación de la fabricación Lean, lo que da como resultado las hipótesis de esta investigación.

3.1 LEAN MANUFACTURING

Esta sección ofrecerá una visión general de la historia de Lean y del Sistema de producción de Toyota (TPS), sus herramientas más destacadas y, finalmente, los resultados que se pueden lograr mediante la implementación del pensamiento Lean.

3.1.1 Historia

Después de la Segunda Guerra Mundial, Japón sufrió los altos costos de las materias primas debido a la falta de recursos. Esto hizo que las empresas japonesas fueran menos competitivas en el mercado global. Toyota reconoció que, para competir, necesitaban *"(...) producir productos de mejor calidad que tengan un mayor valor agregado y un costo de producción aún más bajo que los de los otros países*" (Sugimori, Kusunoki, Cho y Uchikawa,

1977). Normalmente, esto requeriría la implementación de técnicas de producción en masa, que dominaban la industria en ese momento. Eiji Toyoda, jefe de la Compañía Toyota en ese momento, estaba decidido a convertirse en un productor en masa. Esto requeriría adquirir medios de producción caros que estaban especializados en la producción de lotes de grandes de productos. Estos grandes lotes fueron necesarios para distribuir la gran inversión sobre suficientes productos y para lidiar con largos tiempos de configuración. Sin embargo, el mercado doméstico relativamente pequeño de Japón, combinado con restricciones de capital, inicialmente impidió que Toyota estableciera una instalación de producción en masa (Holweg, 2007).

Además de las restricciones financieras y económicas, Toyoda también reconoció algunos defectos estructurales importantes en la metodología de producción en masa. Para ser competitivos, los productores en masa aspiran a beneficiarse de las economías de escala. Para reducir el setup unitario y los costos de máquina, generalmente se producen en grandes lotes de productos idénticos los que se abren camino a través de las instalaciones de producción. Como resultado, *"(...) las partes pasan la mayor parte del tiempo esperando en colas en lugar de ser procesadas*" (Karmarkar, 1987). De acuerdo con la Ley de Little, esto se traduce en plazos de entrega más largos.

Este método de "lote y cola" es problemático por varias razones. Al alargar el período de tiempo entre la fabricación de una pieza y su uso en el siguiente paso del proceso, aumenta el riesgo de pérdida o deterioro, mientras que también aumenta el tiempo entre la fabricación y la posible retroalimentación sobre la calidad. Además, el nivel de stock de seguridad crece más que proporcionalmente con los plazos de entrega, ya que los stocks de seguridad tienen que proteger contra plazos de entrega más largos, así como una mayor variabilidad en los

pronósticos debido a un horizonte de predicción más largo. Finalmente, los largos plazos de entrega disminuyen la competitividad de una empresa debido a fechas de vencimiento distantes y hacen que las empresas sean menos receptivas a la demanda de los clientes (Karmarkar, 1987). Indirectamente, el método de lote y cola hace que el productor sea incapaz de entregar la diversidad de productos que demandan los consumidores (Holweg, 2007).

Toyota reconoció lo que tenían que hacer: fabricar productos de bajo costo, bajo desperdicio y de alto valor combinando diferentes técnicas de producción en un sistema que produciría una amplia mezcla de productos con bajo volumen por variedad de productos. Una persona importante en la búsqueda de Toyota para alcanzar esto fue Taiichi Ohno, quien se unió a Toyoda Spinning y Weaving en 1932 (Holweg, 2007). Para disminuir el costo, Toyota se enfocó severamente en la eliminación de desperdicios, que es "*(...) cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y trabajadores (tiempo de trabajo) que son absolutamente esenciales para la producción, son simplemente excedentes que solo elevan el costo*" (Sugimori et al., 1977). Se debe lograr una alta calidad disminuyendo el tamaño del lote, ya que Ohno había reconocido que grandes lotes, entre otros efectos, daban como resultado un gran número de defectos (Holweg, 2007).

Durante varias décadas, comenzando en la década de 1950, Toyota desarrolló lentamente su sistema de producción. Según Fujimoto (1999), los gerentes de producción de Toyota (como Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno y Eiji Toyoda) combinaron elementos de un sistema de producción en masa con sus propias ideas. Algunos creen que Toyota inventó un nuevo método de producción, pero en realidad tardó algunas décadas en convertirse en el Sistema de Producción de Toyota (TPS), como lo conoció el resto del mundo (Holweg, 2007).

Puede parecer trivial que el secreto de Toyota es eliminar todos los pasos del proceso que no agregan valor, pero estudiar el Sistema de producción de Toyota revela más de cerca algunas ideas sobre cuán fundamentalmente diferente es de los puntos de vista tradicionales de fabricación. Todos los trabajadores en las fábricas de Toyota pueden detener la línea en la que están trabajando si encuentran un defecto, tirando de un cable al lado de su estación de trabajo. Además, cada empleado de Toyota tiene el derecho, y se lo alienta, a realizar mejoras en el proceso de producción (Sugimori et al., 1977). Esto es diferente de las plantas tradicionales, donde los equipos especiales implementan mejoras y donde los controles de calidad extensos verifican defectos al final de la línea. Todos los empleados de Toyota aprenden a realizar mejoras de acuerdo con el llamado Método Científico. Cuando los empleados ven un problema, intentan encontrar la causa raíz y una contramedida que haga frente a esta causa. Antes de implementar la contramedida, formulan una hipótesis sobre el efecto de la contramedida. Finalmente, comparan el efecto real con el previsto e investigan la posible diferencia. Como tal, su objetivo es comprender realmente no solo el problema, sino también la solución (Spear, 2004). El proceso de mejora basado en hipótesis lo hace científico. Todos los fundamentos de este proceso se ilustran en la Figura 1 a continuación.

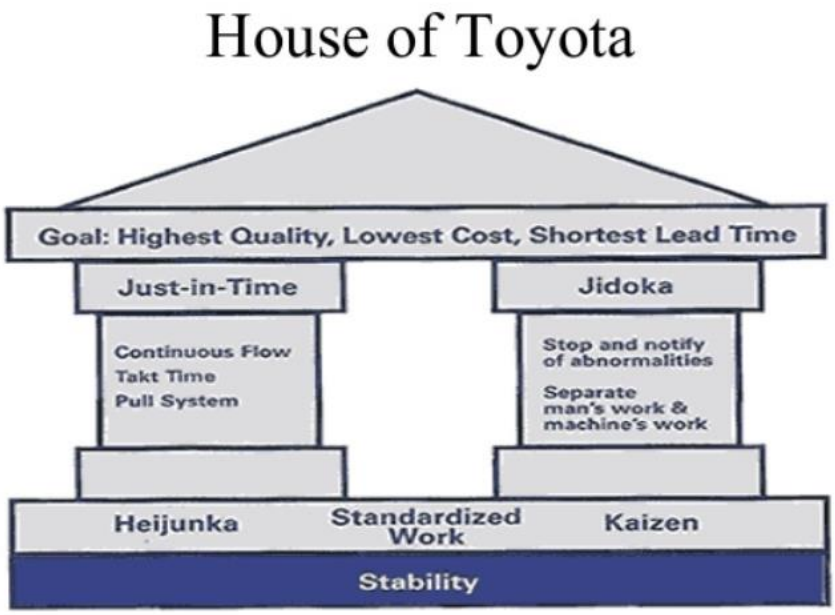


Figura 1: Toyota Production System House.

3.1.2 Comprender el sistema de producción de Toyota (TPS)

TPS no fue entendido por las empresas y académicos occidentales y la superioridad de TPS fue a veces negada sin rodeos. Holweg (2007) ofrece una idea clara sobre el desarrollo de la comprensión de los métodos de producción de Toyota y esto se desarrollará a continuación.

La primera barrera para comprender TPS fue que no estaba documentado antes de 1965, cuando se comunicó, en japonés, a la red de proveedores de Toyota. En este punto, Toyota ya había comenzado un aumento constante en la cuota de mercado. Durante la década de 1970 aumentaron las preocupaciones entre los productores occidentales sobre las importaciones japonesas. En 1980, el 22,2 por ciento de los automóviles personales vendidos en los Estados Unidos provenían de Japón. Se instituyeron acuerdos comerciales para

restringir el número de automóviles importados. Toyota evitó estas restricciones estableciendo plantas de ensamblaje en los Estados Unidos.

Estaba claro que Toyota tenía alguna ventaja competitiva, pero al principio esto se atribuyó a factores externos a favor de Toyota. Las explicaciones variaron desde salarios favorables y tipos de cambio, hasta el apoyo del gobierno japonés y las diferencias culturales. Estas explicaciones fueron respaldadas con entusiasmo por representantes de la industria, pero algunos investigadores, como Abernathy, Clark y Kantrow (1981), entendieron que la ventaja competitiva se explicaba principalmente por las prácticas de fabricación superiores. En 1985, el Programa Internacional de Vehículos Motorizados (IMVP) comenzó a investigar por qué las compañías japonesas estaban superando a las compañías occidentales y qué tan grande era la brecha. El IMVP fue un programa de investigación centrado en la industria del automóvil, compuesto por investigadores de todo el mundo, con sede en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

Un gran avance en la aceptación de la superioridad de TPS fue impulsado por una colaboración entre Toyota y General Motors (GM), llamada la empresa conjunta New United Motor Manufacturing (NUMMI). En esta empresa conjunta, iniciada en 1984, Toyota y GM reabrieron una antigua planta de GM para producir automóviles de ambas marcas. Después del primer año, la productividad en la planta NUMMI fue más de un 50 por ciento más alta que el nivel de productividad en otra planta GM que era tecnológicamente similar. Además, la planta NUMMI tenía los más altos estándares de calidad de todas las plantas de GM en los EE. UU. Bajo el liderazgo de Toyota, el aporte de mano de obra por vehículo se redujo a 19 horas, en comparación con las 36 horas anteriores. Los defectos cayeron de 1,5 a 0,5 por cada 100 vehículos, y el absentismo disminuyó del 15 al 1,5 por ciento. NUMMI logró estos

resultados sin grandes cambios en la tecnología utilizada y contratando principalmente la misma mano de obra de cuando la planta cerró en 1982 (Krafcik, 1986). Esto convenció a los patrocinadores industriales involucrados en IMVP, del hecho de que la verdadera ventaja de Toyota no radicaba en factores como la cultura, sino en su filosofía de producción.

3.1.3 De TPS a Lean

John Krafcik, uno de los académicos que trabajan para IMVP, fue el primero en usar el término "producción Lean" (Lean Production) (Krafcik, 1988b). "Producción Lean" es un término más genérico para los principios instituidos en TPS. Según Liker (1997), Lean es *"(...) una filosofía que, cuando se implementa, reduce el tiempo desde el pedido del cliente hasta la entrega al eliminar las fuentes de desperdicio en el flujo de producción*". Elliot (2001) afirma que los tres principios básicos de la filosofía Lean son flujo, armonía (ritmo establecido por la demanda del cliente) y sincronización (pull flow, flujo de extracción). Argumenta que estos tres principios deberían estar presentes en toda la organización. Numerosos autores, como Turfa (2003) y Vasilash (2000), enfatizan que la fabricación Lean no es una táctica, sino que debe verse como un viaje interminable en el que se embarca una empresa. Finalmente, Ohno (1988) comenta que, aparte del enfoque crítico en la eliminación del desperdicio, el respeto por la humanidad era igualmente importante.

Lean y TPS son similares, pero no iguales. Según Hall (2004), las diferencias clave entre Lean y TPS se centran al comienzo del proceso, la fuente de las soluciones y el nivel de estandarización. TPS generalmente comienza con la optimización de cada (sub) proceso por separado para lograr (casi) cero defectos y, por lo tanto, toma una perspectiva detallada al principio, antes de vincular de manera óptima los pasos. Lean comienza con una visión más amplia, observando todo el proceso e identificando las principales fuentes de desechos, que

a menudo ocurren en los límites de los procesos. Lean generalmente se enfoca en la implementación de herramientas, provenientes de un conjunto predeterminado de herramientas, para eliminar el desperdicio. Es más probable que estas implementaciones sean impulsadas por el personal, lo que impide que los empleados aumenten sus habilidades para resolver problemas. TPS se enfoca fuertemente en las habilidades de los empleados y permite que las contramedidas a los problemas evolucionen de manera más orgánica. Finalmente, parece que TPS enfatiza más estrictamente la estandarización y documentación de los métodos de trabajo. Esto les permite probar continuamente si los métodos de trabajo son adecuados o pueden mejorarse.

3.1.4 Herramientas Lean

Se pueden identificar alrededor de 101 herramientas diferentes mencionadas en la literatura académica (Pavnaskar et al., 2003). Basado en trabajos de diferentes autores, como Shah y Ward (2003), Detty y Yingling (2000) y Bhasin y Burcher (2006), se hizo una selección de las herramientas más comunes para ser discutidas aquí.

3.1.4.1 5S

Este método tiene como objetivo mejorar la eficiencia del área de trabajo seleccionando estrictamente qué material es esencial en ciertas estaciones de trabajo. Este material tiene una ubicación específica cerca de donde se requiere. Los materiales no esenciales se colocan en lugares menos prominentes. En la versión traducida, las cinco "S" significan Orden, Disciplina, Limpieza, Estandarización y Clasificación, ilustrados en la Figura 2. La metodología 5S se resume adecuadamente en la siguiente declaración: "Un lugar para todo y todo en su lugar" (autor desconocido) (citado en Mastroianni & Abdelhamid, 2003).

Figura 2: 5S Lean Management. Elaboración Propia.

3.1.4.2 Kaizen

Kaizen es la expresión japonesa para "mejora continua", Figura 3. Es el esfuerzo diario para mejorar constantemente el proceso de una empresa. Se identifican los orígenes de las actividades derrochadoras y se busca eliminarlos. Además del esfuerzo diario, los eventos especiales de Kaizen, llamados eventos Kaikaku (Womack & Jones, 2003), pueden conducir a mejoras más importantes. En tales eventos, se estudia un proceso específico en gran detalle para lograr una mejora más sustancial.

Figura 3: Kai Zen. Fuente: www.iprofesional.com.

3.1.4.3 Just in Time (JIT)

Al producir productos y piezas "justo a tiempo", se garantiza que solo se produzcan las cantidades necesarias de productos y piezas (Sugimori et al., 1977). Además, las piezas llegan al proceso donde se necesitan en el momento adecuado y se colocan en el orden en que se necesitan. Esto disminuye la cantidad de residuos asociados con el exceso de inventarios. En la Figura 4 se ilustran los principios de esta herramienta.

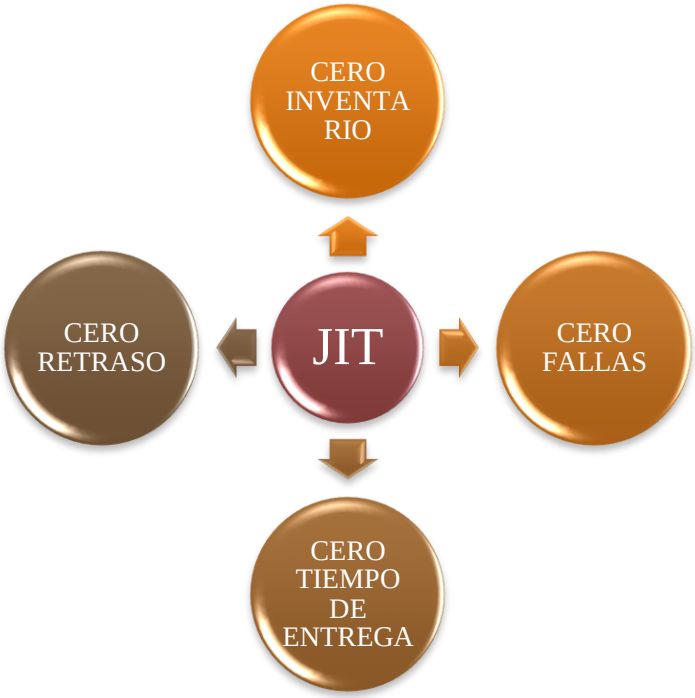


Figura 4: Just in Time. Elaboración Propia.

3.1.4.4 Single Minute Exchange of Dies (SMED)

Para poder producir en lotes unitarios con la flexibilidad exigida por los clientes, es esencial tener un tiempo de cambio extremadamente corto. Shigeo Shingo, quien fue contratado como consultor en Toyota (Holweg, 2007), logró un gran avance en la reducción del cambio. Su método estudia el proceso de un cambio con gran detalle e identifica

actividades inútiles y actividades que pueden realizarse mientras la máquina está funcionando, Figura 5. Eliminar o reubicar estas actividades puede reducir los tiempos de cambio de horas a minutos.

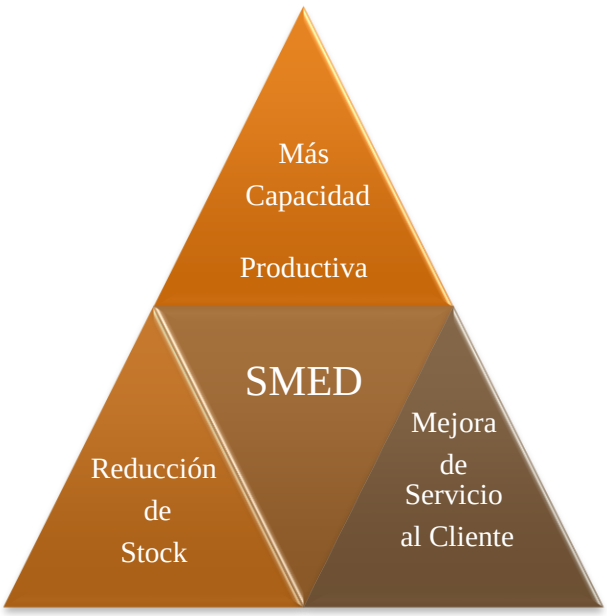


Figura 5: Principios SMED. Elaboración Propia.

3.1.4.5 Six Sigma

Una de las herramientas a menudo mencionadas en combinación con Lean es Six Sigma, un método desarrollado en Motorola y que se hizo famoso por la implementación en General Electric (Klefsjö, Wiklund y Edgeman, 2001). Es un método para identificar y eliminar la variabilidad en un proceso y tiene el objetivo de mejorar la calidad, sus principios se muestran en la Figura 6. Este método es especialmente útil cuando la fuente de defectos y variabilidad no es aparente (Kumar, Antony, Singh, Tiwari y Perry, 2006). Debido a los sólidos análisis estadísticos requeridos, los proyectos Six Sigma están dirigidos por profesionales especialmente capacitados. La investigación muestra que la forma más efectiva de mejorar

los procesos es implementar una combinación de herramientas Lean y Six Sigma, a menudo denominadas Lean Sigma (Smith, 2003). La mayoría de las compañías que combinan Lean y Six Sigma comienzan mejorando su proceso con herramientas Lean. Esto elimina una gran fracción de errores y desperdicio, pero aún pueden existir problemas crónicos. Estos problemas crónicos son atacados por las herramientas Six Sigma (Kumar et al., 2006). Como la implementación de Lean Sigma comienza con la implementación de Lean, también para esta combinación es importante entender cómo comenzar con Lean.

Figura 6: Six Sigma. Elaboración Propia.

Se debe enfatizar que Lean es más que solo las herramientas, y se debe ver más como una filosofía. Para Toyota, ninguna de sus herramientas es clave para su sistema de producción. Ve las herramientas implementadas como contramedidas a problemas aún no resueltos. Las herramientas no se consideran soluciones, ya que eso implicaría una solución permanente (Spear y Bowen, 1999). Por ejemplo, en contra de la creencia popular, Toyota

tiene inventarios de piezas y subconjuntos. Estos inventarios son contramedidas al problema de que el tiempo de transporte desde el proveedor a la línea de ensamblaje es aún mayor que cero segundos y que ningún proveedor puede garantizar una calidad y confiabilidad infinitas. Muchas compañías que intentan imitar el sistema de producción de Toyota se han centrado en las herramientas, en lugar de en los principios. Esto puede conducir a un sistema de producción que es rígido e inflexible y, posiblemente más importante, no evoluciona y mejora para hacer frente a los factores externos cambiantes (Spear, 2004).

3.1.5 Efectos de Lean

Según Soriano-Meier y Forrester (2002), el beneficio real de Lean proviene del fortalecimiento de todo el sistema. Los métodos Lean aseguran que las deficiencias de los sistemas se revelen rápidamente por la profunda influencia que tienen. Esto debería desencadenar una respuesta rápida de la empresa para eliminar las deficiencias. El efecto de este enfoque ya se hizo evidente en las primeras investigaciones sobre el rendimiento de producción de Toyota. Las comparaciones con otras fábricas mostraron claramente el rendimiento superior (Sugimori et al., 1977). Más tarde, Lathin y Mitchell (2001) afirmaron que los productores en masa tradicionales deberían poder reducir su tiempo de entrega en un 90 por ciento y los niveles de inventario también en un 90 por ciento, y aumentar la productividad laboral en un 50 por ciento.

La investigación de diversos casos de estudio también mostró un potencial de mejora sustancial como resultado de las prácticas Lean. Åhlström (1998) informa un caso en el que se logra una reducción del 85 por ciento en la cantidad de defectos, una reducción del 94 por ciento del tiempo de fabricación y una reducción del 50 por ciento en el tiempo de ventas.

Abdulmalek y Rajgopal (2007) describen otro caso. Informan un potencial de reducir el tiempo de producción en un 70 por ciento y niveles de WIP en un 90 por ciento.

Estas estadísticas son tomadas de una variedad de compañías con poca información del estado inicial de las compañías. Por lo tanto, tienen poco valor predictivo del potencial de mejora para cualquier organización que contemple una iniciativa Lean. Por otra parte, lograr una fracción de estas mejoras sustanciales ya podría ser atractivo para muchas empresas.

Por otro lado, varios autores han expresado escepticismo sobre el enfoque Lean. Los críticos afirman que las estadísticas de éxito de Lean se exageran ya sea por descuidar los esfuerzos Lean fallidos (Allen, 1997; Timco, 2001) o por atribuir excesivamente las mejoras a la conversión parcial a Lean (Needy et al., 2002). Además, algunos autores cuestionan si Lean conduce a una ventaja competitiva duradera (Hayes, Pisano, Upton y Wheelwright, 2005).

Otra crítica sobre el enfoque Lean se refiere al bienestar de los empleados. Algunas investigaciones informan que los empleados de producción encuentran un ritmo de trabajo intensificado sin ganar autonomía (Landsbergis, Cahill y Schnall, 1999). Otros incluso acusan a empresas como Toyota de condiciones peligrosas para los trabajadores y encubrimientos de accidentes (Mehri, 2006). Otros informes contradicen estos informes, que afirman que a pesar de que el ritmo de trabajo es alto en entornos Lean, las condiciones están dentro de un rango aceptable (Adler y Cole, 1993). Parte de esta investigación incluso describe resultados contradictorios para la misma instalación, por ejemplo, la conocida cooperación NUMMI. Los partidarios fervientes y los primeros practicantes del enfoque Lean incluso afirman que el respeto por las personas es un elemento esencial del enfoque (Emiliani, 2009; Ohno, 1988). Los resultados opuestos limitan una respuesta concluyente a

la pregunta si el enfoque Lean tiene un efecto positivo o negativo en los empleados. Una extensa encuesta mostró que el efecto sobre los empleados está determinado principalmente por el comportamiento de la gerencia, no por un efecto intrínseco del enfoque Lean (Conti, Angelis, Cooper, Faragher y Gill, 2006).

En resumen, al implementar el pensamiento Lean en una organización, se pueden lograr resultados sustanciales en términos de reducción del tiempo de entrega, aumento de la eficiencia y mejoras de la calidad. Si se gestiona correctamente, este enfoque también puede tener un efecto positivo en la fuerza laboral.

3.2 APLICABILIDAD DE LEAN

La aplicabilidad de la filosofía Lean en otros países, industrias y tamaños de empresas se cuestionó desde el momento en que se reveló al mundo fuera de Toyota (Womack, Jones y Roos, 1990). Esta sección investigará la aplicabilidad de la inclinación a diferentes condiciones.

3.2.1 Condiciones específicas del país

Cuando se enfrentaron a los primeros estudios sobre el rendimiento de producción de Toyota, varios investigadores occidentales y representantes de la industria automotriz negaron la ventaja intrínseca del sistema de Toyota (Holweg, 2007). Dadas explicaciones, algunas incluso en audiencias oficiales (HMSO, 1978), giraron en torno a ventajas específicas de cada país, tales como tipos de cambio favorables, diferencias culturales y políticas gubernamentales.

En retrospectiva, estas explicaciones fueron inadecuadas, pero eran razonables en ese momento. Toyota mismo creía que su sistema de producción era particularmente amplio para

tratar problemas externos específicos de la economía japonesa y para capitalizar rasgos específicos de los trabajadores japoneses (Sugimori et al., 1977). Además, Toyota tuvo el beneficio de, por ejemplo, el apoyo del gobierno (Abernathy et al., 1981). Posiblemente, las explicaciones propuestas fueron lo suficientemente relevantes como para usarlas como protección contra la aceptación de otro pensamiento superior.

Con el paso del tiempo, quedó claro que el Sistema de Producción Toyota, en lugar de las raíces japonesas, era la fuente de la ventaja competitiva de Toyota. Un ejemplo convincente del éxito extranjero de Toyota es su cooperación, NUMMI, con General Motors. Otras compañías japonesas, como Nissan y Honda, han demostrado ser incapaces de cumplir con los estándares de Toyota (Spear y Bowen, 1999). Además, Prabhu (1992) demostró que el pensamiento Lean también ofrece beneficios para las empresas no japonesas ubicadas fuera de Japón. Voss (1995) afirma que el pensamiento Lean ahora se ha implementado en todas las industrias occidentales.

3.2.2 Condiciones específicas de la industria

La filosofía Lean se desarrolló en un entorno fuertemente centrado en la fabricación. Como a menudo se le denomina “Lean manufacturing” o “Lean production”, parece mantener la connotación de ser aplicable solo a entornos de producción. Sin embargo, grandes cantidades de investigación han demostrado los beneficios que se pueden obtener al aplicar entornos Lean a los servicios. Algunos ejemplos son los centros de atención telefónica (Piercy & Rich, 2009), las instituciones de salud (De Souza, 2009), los talleres de reparación de automóviles (Womack & Jones, 2005), las compañías de desarrollo de software (Poppendieck, 2007) y las universidades (Hines & Lethbridge, 2008). Otro campo no

productivo en el que Lean es cada vez más relevante es la actividad de desarrollar nuevos productos (Hines, Francis y Found, 2006).

Por el contrario, existen algunas condiciones de la industria que pueden impedir el uso del pensamiento Lean. Lee (2002) ideó un marco de incertidumbre que indica qué tipo de estrategia es la más adecuada para (los miembros de) una cadena de suministro, que se muestra en la Tabla 1. El eje horizontal representa la incertidumbre de la demanda. La baja incertidumbre de la demanda tiene características tales como una demanda predecible y estable, una larga vida útil del producto, bajos márgenes de ganancia y una baja variedad de productos. Por el contrario, los productos con alta incertidumbre en la demanda tienen una demanda variable e impredecible, una temporada de ventas cortas, altos márgenes de ganancia y una gran variedad de productos. La incertidumbre de la oferta se encuentra en el eje vertical. Las cadenas de suministro con baja incertidumbre de suministro muestran menos problemas de calidad, más fuentes de suministros, proveedores más confiables y flexibles, y un proceso de producción más maduro que las cadenas de suministro con alta incertidumbre de suministro.

		Demand Uncertainty	
		Low (Functional Products)	High (Innovative Products)
Supply Uncertainty	Low (Stable Process)	Efficient supply chains	Responsive supply chains
	High (Evolving Process)	Risk-hedging supply chains	Agile supply chains

Tabla 1: Marco de Incertidumbre. Lee (2002)

Lee argumenta que solo los miembros de una cadena de suministro con baja incertidumbre en la oferta y la demanda deben seguir una estrategia eficiente, o Lean, de la cadena de suministro. Si existen incertidumbres en la cadena de suministro, estas deben eliminarse mediante estrategias de reducción de la incertidumbre, antes de que una cadena de suministro pueda llegar a ser Lean. Si las incertidumbres no pueden reducirse lo suficiente, se debe seleccionar una estrategia de cadena de suministro diferente.

3.2.3 Condiciones específicas tamaño organización

La mayor parte de la investigación sobre pensamiento Lean se centra en grandes organizaciones. Como se indicó anteriormente, debido a que las organizaciones de pensamiento Lean pueden responder mejor a la demanda de los clientes al tiempo que requieren menos capacidad de equipo y emplean un número más estable de empleados (Sugimori et al., 1977). Ambos elementos, una menor capacidad del equipo y un número más estable de trabajadores son relevantes para las PYME. Las PYMEs generalmente no tienen el capital financiero disponible para adquirir una alta capacidad de equipamiento. Además, dado que las PYME a menudo son propiedad de una familia y tienen una relación (casi) familiar con sus empleados, generalmente apuntan a tener un número estable de trabajadores. No tener que contratar trabajadores temporales o despedir personas cuando las ventas están bajas también es menos costoso. Esto respalda la suposición de que implementar el pensamiento Lean es atractivo para las PYME.

Sin embargo, la investigación sobre los grados de implementación de los métodos Lean muestra una correlación negativa entre el tamaño de la organización y el grado de implementación (Shah y Ward, 2003; White, Pearson y Wilson, 1999). Parece que las organizaciones más pequeñas son menos capaces de implementar una amplia variedad de

métodos Lean, ya sea debido a la falta de capacidad organizativa o recursos financieros, o debido a una inaplicabilidad de Lean para organizaciones más pequeñas. Rose, Deros y Rahman (2009) sugieren que la falta de recursos financieros impide la implementación eficiente en las PYME y que, por lo tanto, las PYME deberían centrarse en los métodos que requieren poca inversión, como el 5S. La investigación de Shah y Ward (2003) muestra que, al considerar el efecto combinado de implementar diferentes métodos, las grandes organizaciones están en desventaja. Las organizaciones más pequeñas parecen obtener más mejoras operativas como efecto de la implementación de métodos Lean. Por lo tanto, aunque las organizaciones más pequeñas implementan métodos menos Lean, parecen ser capaces de lograr mejoras de rendimiento superiores por los efectos combinados de los métodos que implementan.

Se puede encontrar poca literatura sobre casos específicos de implementación de métodos Lean en las PYME. La limitada literatura disponible informa resultados positivos de la implementación Lean (Grewal, 2008; Kumar et al., 2006; Vinodh, Arvind y Somanaathan, 2010). Algunos otros autores han escrito manuales de instrucciones Lean para organizaciones pequeñas (Conner, 2009) y startups (Ries, 2011). La investigación adicional, menos centrada en el pensamiento Lean, mostró que las PYME pueden generar valor al disminuir sus niveles de inventario (García-Teruel y Martínez-Solano, 2007). Los niveles de inventario más bajos son un efecto común del pensamiento Lean.

Según la literatura disponible, es difícil afirmar de manera concluyente que Lean es o no particularmente aplicable para las PYME. Algunas investigaciones muestran que las empresas más pequeñas luchan más para implementar métodos Lean. Otra investigación

revela efectos positivos de Lean en las PYME. Esta tesis tiene como objetivo contribuir a investigar si las PYME deben perseguir la implementación del pensamiento Lean.

La siguiente sección describirá los problemas que enfrenta la implementación de Lean, los factores críticos para una implementación exitosa y varios métodos de implementación. Finalmente, al evaluar los métodos de implementación por los factores críticos de éxito, se identificará el método más apropiado.

3.3 IMPLEMENTACIÓN LEAN

Implementar Lean y lograr resultados relevantes ha demostrado ser difícil. Baker (2002), Corboy y O'Corrbui (1999) y Sohal y Egglestone (1994) afirman que solo el diez por ciento de las empresas tienen éxito al intentar implementar Lean. Una de las principales barreras para una implementación exitosa es la aplicación incorrecta de las herramientas. Las aplicaciones incorrectas pueden ser de tres tipos; usando la herramienta incorrecta para un problema determinado, usando una herramienta para resolver todos los problemas y usando todas las herramientas en cada problema. La aplicación incorrecta de herramientas de manufactura Lean puede desperdiciar tiempo y dineros adicionales y puede disminuir la confianza de los empleados en la implementación de manufactura Lean (Pavnaskar et al., 2003).

Los problemas con el uso correcto de las herramientas muestran que existe una necesidad de orientación. Para que un método de implementación Lean sea útil, al menos debería ofrecer una guía. A continuación, los factores críticos de éxito de los programas de mejora en general y específicamente los esfuerzos Lean están vinculados a características de métodos de implementación adicionales.

3.3.1 Características del método de implementación

3.3.1.1 Indicar qué herramientas usar

Un problema de las implementaciones Lean es que las empresas comienzan con el uso de una herramienta o un grupo de herramientas y las empujan a través de toda la organización. Luego descubren que su proceso no mejora (Sheridan, 2000). Debe tenerse en cuenta que los elementos de las herramientas y prácticas Lean tienen relaciones sistémicas y, por lo tanto, no pueden implementarse de forma aislada (Hayes, Wheelwright y Clark, 1988). La investigación muestra que el efecto de la implementación combinada de herramientas explica aproximadamente el 23 por ciento del aumento en el rendimiento operativo (Shah & Ward, 2007). El número crítico de herramientas Lean implementadas parecen ser cuatro. Las empresas que implementan al menos cuatro herramientas Lean muestran un crecimiento de productividad significativamente mayor que sus contrapartes que no implementan Lean o no implementan suficientes herramientas Lean (Engineering Employer's Federation, 2001). Simplemente comenzar con una de las herramientas Lean populares no es suficiente. Por lo tanto, el método de implementación debe tener una visión holística del proceso e indicar posibilidades para implementar varias herramientas Lean.

3.3.1.2 Mostrar beneficios de antemano

Los esfuerzos de implementación Lean son tediosos y requieren perseverancia. En promedio, las PYME necesitan de tres a cinco años para implementar Lean en un grado razonable y poder mantener el esfuerzo a largo plazo (Emiliani, Stec, Grasso y Stodder, 2003). Se informan hallazgos similares para organizaciones más grandes (Portioli Staudacher y Tantardini, 2010). Por lo tanto, un factor esencial para obtener los beneficios de una

implementación Lean es una fuerte participación de la alta dirección (Scherrer-Rathje, Boyle y Deflorin, 2009; Worley y Doolen, 2006). Además, la participación de la alta dirección es clave para superar la resistencia inevitable al cambio, a través del ejemplo (Kessler, 1999).

Para convencer a la alta dirección, la iniciativa debe tener un vínculo claro con la misión y los objetivos de la empresa y debe estar claro cómo la iniciativa conducirá a un aumento estructural en las ganancias (Sim & Rogers, 2008). Preferiblemente, los beneficios de implementar métodos Lean se cuantifican antes de que tenga lugar la implementación real. Esto permite a la gerencia comprender el aumento en el rendimiento al cambiar del sistema actual a un sistema nuevo y desconocido (Detty & Yingling, 2000). Esto es especialmente relevante para las PYME, ya que posiblemente tengan menos oportunidades de establecer programas piloto, por ejemplo, en un departamento o en una línea de producción. Tal piloto posiblemente abarcaría a toda la empresa, ya que las PYME a veces solo tienen una línea de producción o departamento. La última característica de implementación es que los cambios necesarios en el proceso deben visualizarse para permitir que la gerencia cree una imagen mental del proceso futuro (Achanga, Shehab, Roy y Nelder, 2006).

3.3.1.3 Mejorar el cambio cultural

Un cambio cultural y la aceptación de la nueva mentalidad en toda la organización son fundamentales para la implementación eficiente de Lean (Bhasin & Burcher, 2006). Este cambio y la aceptación de nuevas herramientas pueden verse obstaculizados por la desconfianza de los empleados. Kumar et al. (2006) experimentaron esto en uno de sus casos de estudio. El apoyo de los empleados de producción se logró al convencerlos de que sus trabajos no estarían en peligro por la implementación Lean. En cambio, serían recompensados por un mejor rendimiento. Karlsson y Åhlström (1995) proponen un esquema

de recompensas que alinea las recompensas de desempeño individual con los objetivos de la organización. Este elemento es más una elección gerencial que una característica de un método de implementación. Se incluye para enfatizar la importancia del cambio cultural.

3.3.2 Métodos de Implementación

Varios autores han propuesto métodos para implementar el pensamiento Lean en las organizaciones. Los métodos más importantes se describirán y evaluarán de acuerdo con las características descritas anteriormente.

3.3.2.1 Cero Defectos

Åhlström (1998) sugiere que, durante la primera fase del proyecto, el enfoque principal debería ser lograr ***cero defectos*** y retrasar la organización. Más tarde, el enfoque debería cambiar a la mejora continua. Durante todo el proyecto, la gerencia debe hacer esfuerzos para eliminar el desperdicio, crear equipos multifuncionales, implementar la programación de extracción, otorgar mucha responsabilidad a los líderes de los equipos e instituir un sistema de información vertical en el que la información relevante se comparta entre todos los empleados. Sin embargo, no ofrece un enfoque práctico sobre qué herramientas implementar, dónde y en qué orden. Tampoco propone un método para cuantificar los beneficios alcanzables ni su método incluye una visualización clara de los cambios requeridos o los beneficios potenciales.

3.3.2.2 Círculos de Calidad

En un artículo diferente, Karlsson y Åhlström (1996) proponen que las empresas deben comenzar los esfuerzos Lean mediante la implementación de ***"círculos de calidad"***. Estos son pequeños grupos de empleados que se reúnen regularmente para discutir las posibilidades

de mejora. Esto aumenta la participación de los empleados en la implementación Lean y, posteriormente, el número de sugerencias de mejora. Además, para ciertos elementos Lean, como la eliminación de residuos, la mejora continua o los equipos multifuncionales, identifican los determinantes clave y los niveles de implementación. Este método da alguna indicación de cómo aumentar el nivel de "Leanness", pero carece de orientación sobre qué herramientas usar o cómo cuantificar el efecto de los cambios.

3.3.2.3 Simulación

Un tercer método para implementar Lean es la ***simulación***, como lo proponen Detty y Yingling (2000). Al modelar el proceso actual y futuro y simularlos digitalmente, este método proporciona una predicción precisa del aumento del rendimiento. La ventaja de la simulación es que los resultados son detallados y ofrecen información sólida sobre el rendimiento futuro. Sin embargo, la simulación es costosa y, por lo tanto, posiblemente no sea práctica para las PYME. Además, dicha simulación aún requiere un análisis del sistema para elegir qué herramientas Lean se necesitan. La simulación solo proporciona validación de los resultados esperados.

3.3.2.4 Value Stream Mapping

Según Rother & Shook (2003) una forma eficiente de implementar Lean en las empresas es ***Value Stream Mapping***. El primer paso de VSM es identificar el estado actual de un proceso seleccionado o una familia de productos. Esto da como resultado una representación visual de toda la información y los flujos de material y proporciona una idea de la relación entre el valor agregado y el tiempo sin valor agregado. Esta situación actual se analiza luego en base a siete preguntas con respecto a la necesidad y posibilidad de flujo de producto en el

proceso. Este análisis da como resultado un mapa de estado futuro. Luego, el proceso VSM analiza qué mejoras deben realizarse en el proceso actual para permitir la implementación del estado futuro. El paso final incluye la planificación e implementación del estado futuro. Como se describe, VSM da una indicación de qué herramienta usar y dónde. El mapa de estado futuro es una visualización de los cambios necesarios y sus efectos.

3.3.2.5 Conciencia

Un quinto modelo prescribe que una implementación Lean debería comenzar creando ***"conciencia"*** en toda la empresa (Productivity Press, 2002). Luego se realiza un esfuerzo 5S para aumentar el orden. Esto es seguido por la implementación de una serie de métodos Lean. El modelo da una clara instrucción de los pasos a seguir en el proceso de convertirse en Lean. El método discute cómo lograr un cambio cultural esencial, aunque de manera bastante superficial. Sin embargo, el método carece de una evaluación sólida de los beneficios potenciales. Además, la descripción de dónde implementar exactamente qué herramienta es demasiado limitada para ser de suficiente orientación.

Características Métodos Implementación	*Cero Defectos*	*Círculos de Calidad*	*Simulación*	*Value Stream Mapping*	*Conciencia*
Indicar que herramientas utilizar				✔	✔
Mostrar beneficios de antemano			✔	✔	
Mejorar el cambio cultural		✔			

Tabla 2: Cuadro comparativo métodos de implementación. Elaboración Propia.

De la descripción y evaluación de los cinco métodos de implementación representados en la Tabla 2, se pueden extraer las siguientes conclusiones. Los primeros dos métodos y el

quinto método no ofrecen una indicación inicial de lo que se puede lograr con el esfuerzo de apoyo. Esto es esencial para obtener suficiente compromiso de la alta dirección. Los primeros tres métodos no prescriben suficientemente cómo usar qué herramienta y en qué parte de la organización. Como tal, estos métodos no evitarán que las empresas cometan los errores de implementación tradicionales. Los métodos primero, tercero y cuarto carecen de énfasis en el cambio cultural, y el método final solo menciona este elemento superficialmente.

La combinación de estas observaciones lleva a la conclusión de que ninguno de los métodos propuestos cumple con todos los requisitos de un método de implementación apropiado. Sin embargo, el método más apropiado parece ser Value Stream Mapping. Este método proporciona una indicación clara de qué herramientas implementar en cada parte de la empresa. Con el método es posible cuantificar las ganancias potenciales y visualizar dónde se producen actualmente los desechos. Se presume que mediante la visualización clara del proceso actual y su desperdicio es posible instigar el cambio cultural necesario.

Así, el método de implementación indica qué herramientas Lean usar y dónde visualiza los cambios necesarios, cuantifica los efectos (financieros) de los cambios por adelantado y posiblemente apoya el proceso de cambio cultural.

La conclusión de que VSM es el método más apropiado para comenzar con Lean está en línea con lo que varios autores han afirmado (Pavnaskar et al., 2003; Singh & Sharma, 2009; Vinodh et al., 2010). En grandes empresas, este método ha demostrado tener resultados relevantes (Lasa et al., 2009). Esta tesis tiene como objetivo contribuir a la investigación si VSM puede ofrecer resultados similares en las PYME.

4. VALUE STREAM MAPPING

"Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano"

Isaac Newton

Esta sección describirá el mapeo de flujo de valor (Value Stream Mapping, VSM) con más detalle. Para una amplia explicación y ejemplos, se remite al lector al libro "Learning to See", de Rother and Shook (2003). Value Stream Mapping, conocido en Toyota como "Material and Information Flow Mapping", es un método que ayuda a los profesionales a identificar fuentes sistémicas de desechos en un proceso y, posteriormente, cómo eliminar estas fuentes de forma estructural. Una característica clave del método es que analiza un proceso como un todo, más que a nivel de subprocesos (Jones y Womack, 2002; Pavnaskar et al., 2003; Rother y Shook, 2003). El método permite una mejora amplia del proceso, en lugar de optimizaciones locales que a menudo afectan negativamente a otras áreas del proceso. Emiliani y Stec (2004) muestran la amplia aplicabilidad de VSM al usarlo para determinar las creencias, comportamientos y competencias que poseen los líderes empresariales.

4.1 DESECHOS Y FLUJOS DE VALOR

VSM gira en torno a dos conceptos principales, "Waste" y "Value Streams". El "Waste" es *"(...) cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y trabajadores (tiempo de trabajo) que son absolutamente esenciales para la producción, son*

simplemente excedentes que solo elevan el costo" (Sugimori et al., 1977). Según TPS, existen los siguientes siete desechos, Figura 7, (Ohno, 1988), con posibles ejemplos de cada desecho:

- Espera: una parte procesada está esperando en una casilla para pasar al siguiente paso del proceso, porque no todas las partes del lote de esta parte se han procesado en este paso.
- Transporte: una parte se procesa en un paso, se transporta al almacén, se guarda y se transporta de vuelta al piso de producción cuando la parte se procesa en el siguiente paso.
- Procesamiento inapropiado: cortar una pieza con una tolerancia de 0,1 mm, mientras que el cliente solo exige una precisión de 0,5 mm.
- Sobreproducción: Producir más de lo que demanda el cliente. Esto lleva a un exceso de inventario y posiblemente a la obsolescencia de los productos.
- Inventario innecesario: mantener meses de inventario de piezas que rara vez se usan y están disponibles a través de un proveedor a corto plazo sin una prima de costo.
- Movimiento: herramientas o piezas que se encuentran lejos del lugar donde se utilizan en el proceso.
- Defectos: un error cometido al comienzo del proceso no se detecta hasta que el producto alcanza una inspección de calidad al final del proceso.

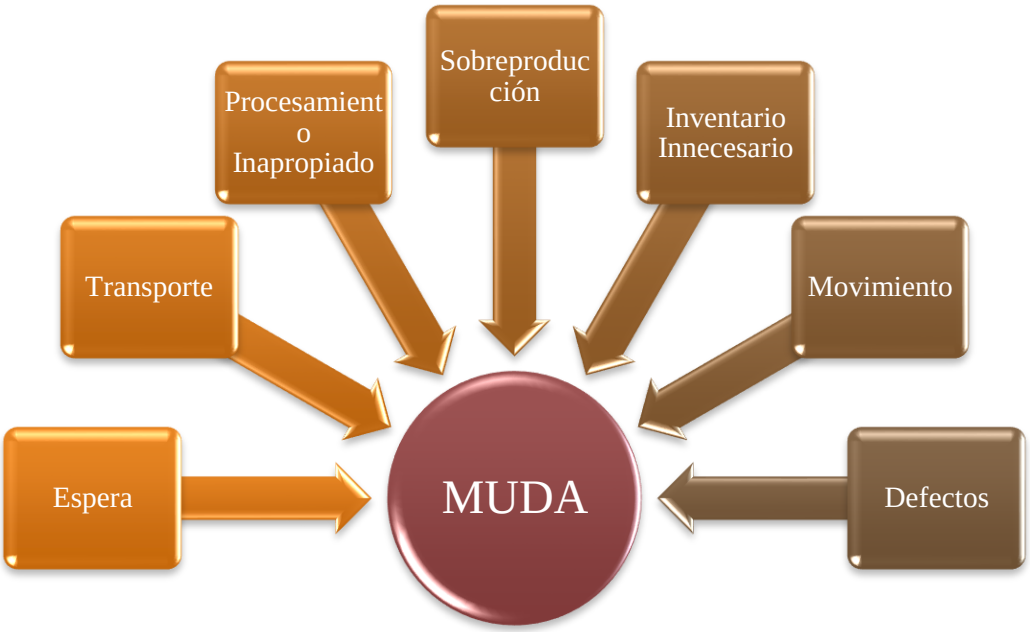


Figura 7: 7 Desechos de Muda. Elaboración Propia.

Mastroianni y Abdelhamid (2003) agregaron un octavo desperdicio a esta lista: "No utilizar recursos humanos". Este es el fenómeno común en el que las ideas de mejora de los empleados (de producción) no se recopilan o no se implementan.

Como las actividades derrochadoras son actividades sin valor agregado (Non-Value-Added, NVA), también hay actividades con valor agregado (Value-Added, VA). Estas son las actividades que el cliente está dispuesto a pagar y esperar. Finalmente, hay actividades que son derrochadoras, pero (actualmente) necesarias para el proceso. Este tipo de actividades se clasifica como actividades necesarias sin valor agregado (Necessary-Non-Value-Added, NNVA) (Monden, 1998), Figura 8. Un ejemplo de una actividad NNVA es cuando las piezas se transportan a una sala de producción diferente, porque en esa área se utilizan sustancias tóxicas y se deben tomar medidas de seguridad especiales para garantizar

el bienestar de los empleados. El transporte es derrochador, pero esencial para la producción del producto.

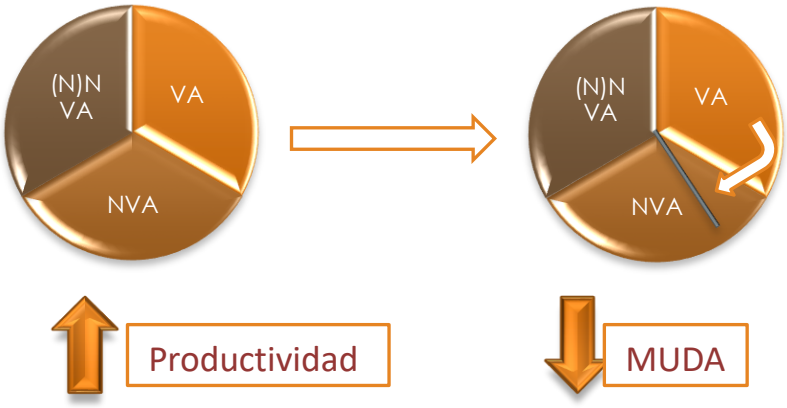


Figura 8: Esquema de Valor Agregado. Elaboración Propia.

La diferenciación entre las actividades de VA, NVA y NNVA conduce al segundo concepto de VSM; el flujo de valor. Un flujo de valor es *"(...) todas las acciones (tanto de valor agregado como de valor no agregado) actualmente requeridas para llevar un producto a través de los flujos principales esenciales para cada producto (...)*" (Rother & Shook, 2003). Simplemente hablando, esta es la combinación de todos los pasos desde la producción de materias primas hasta la entrega del producto al cliente final. Para delimitar el alcance del Value Stream, los profesionales generalmente se centran en el proceso de producción puerta a puerta dentro de una planta. Esto es prácticamente más alcanzable y permite centrarse en el proceso en el que puede influir, es decir, el proceso dentro de su propia fábrica.

4.2 PROCESO DE MAPEO DE FLUJO DE VALOR

El proceso de asignación de flujo de valor consta de diferentes pasos. Primero, se elige una familia de productos, basada en pasos de procesamiento similares y equipos requeridos,

para ser el foco del esfuerzo de mejora. Esto reduce la complejidad del proceso estudiado. La familia de productos debe describirse y delimitarse claramente para evitar confusiones en los siguientes pasos (Figura 9).

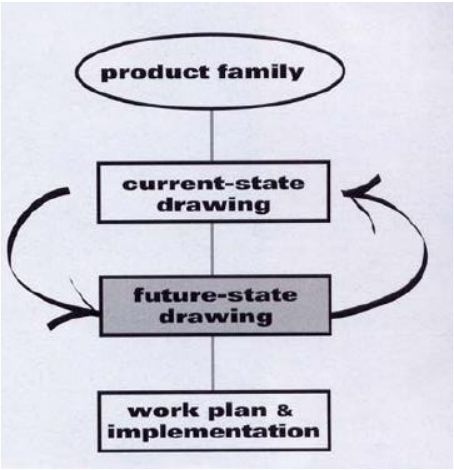


Figura 9: Pasos Value Stream Mapping. Rother, M., & Shook, J. (2003).

4.2.1 Estado Actual

Después de elegir la familia de productos, se describe el estado actual de la secuencia de valor en la forma típica de VSM. Primero, se recopila la información sobre la demanda del cliente. La información esencial es la cantidad de productos producidos y el marco de tiempo en el que esto tiene lugar, porque esto lleva al llamado "tiempo takt". El tiempo takt es la tasa promedio a la que se demanda un producto, distribuido en un cierto período de producción. Por ejemplo, si la demanda diaria promedio del producto X es de 450 piezas y el tiempo de producción diario es de 7,5 horas, o 450 minutos, el tiempo de takt es de 1 minuto. Para satisfacer la demanda, el proceso debería poder entregar un producto cada minuto en promedio. Cabe señalar que la duración del tiempo takt no está relacionada con la cantidad de contenido de trabajo que se necesita para producir un elemento. Todos los datos

recopilados se representan en una visión general, para visualizar todo el proceso y todos sus aspectos relevantes.

Luego, se definen todos los pasos del proceso que pasa la familia de productos. Ejemplos de pasos del proceso son cortar, soldar o ensamblar. Por paso del proceso, se miden algunas características del proceso. En general, estas características son datos como el tiempo de ciclo (el tiempo que lleva procesar un producto en ese paso), el cambio a lo largo del tiempo (el tiempo para pasar de la producción de un tipo de producto al siguiente), el tiempo disponible de trabajo por día o por turno, la cantidad de trabajadores que trabajan simultáneamente en ese paso del proceso, las tasas de defectos y la información de tiempo de actividad (porcentaje de tiempo de trabajo en el que la maquinaria funciona correctamente). También se recopila información sobre la frecuencia de entrega a clientes y proveedores. Para comprender completamente el proceso y mejorar la calidad de los datos, es recomendable recopilar estos datos de primera mano. Los movimientos de materiales entre procesos se visualizan con diferentes tipos de flechas, dependiendo del tipo de gestión y manejo de materiales entre los dos pasos.

Después de describir los pasos del proceso, se miden los niveles de inventario entre cada paso y al principio y al final de todo el proceso. Generalmente los niveles de inventario se expresan en volumen y tiempo de inventario en días, horas o minutos. Por ejemplo, hay 3600 piezas esperando frente al paso “Y” del proceso, que demora medio minuto por producto y se demanda a una velocidad igual. Con un día hábil de 450 minutos, el procesamiento del stock demorará 4 días antes del paso “Y” del proceso. Por razones de simplicidad, el tiempo de inactividad y el tiempo de configuración generalmente no se tienen en cuenta. Los practicantes argumentan que los niveles de inventario solo necesitan medirse una vez para

dar una indicación general de cuánto tiempo pasan los productos esperando. Razonan que, aunque los niveles de inventario en cada paso por separado pueden variar, normalmente el nivel total de inventario es más o menos constante. Además, el tiempo de espera a menudo representa una fracción tan significativa del tiempo que tarda un producto en pasar por todo el proceso, que incluso si esta fracción varía, todavía muestra que los productos pasan demasiado tiempo esperando.

En la parte inferior de la visualización del proceso, se dibuja una línea de tiempo. Esta línea de tiempo muestra el tiempo total que tarda un producto en fluir a través del proceso, diferenciando entre el tiempo de valor agregado y el tiempo sin valor agregado. Esta línea de tiempo puede dar ideas sorprendentes, por ejemplo: "Nos lleva cuatro semanas realizar diez minutos de tiempo de valor agregado". El porcentaje de tiempo de valor agregado respectivo al tiempo total puede fortalecer este argumento.

Finalmente, se representan todos los flujos de información. Los flujos de información esenciales son el proceso de pedidos entrantes, el procedimiento de adquisición y la planificación de la producción dentro del proceso de enfoque. Esto visualiza posibles deficiencias en cómo fluye la información necesaria entre los diferentes departamentos y otras partes interesadas.

Ahora, todo el proceso y la información relevante y los flujos de material se visualizan en una imagen, como ejemplo la Figura 10. Además, hay alguna indicación del estado del proceso. El siguiente paso es idear el estado futuro del proceso.

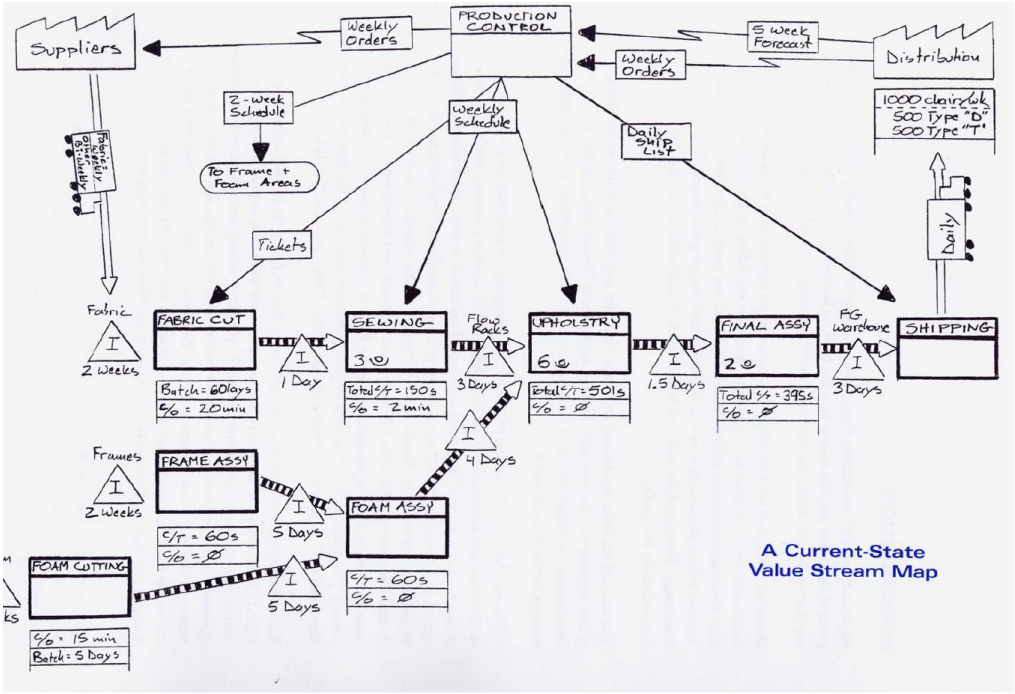


Figura 10: Ejemplo Estado Actual VSM. Rother, M., & Shook, J. (2003).

4.2.2 Estado Futuro

Para llegar a un proceso futuro que sea Lean y en el que se eliminen lo más posible las causas raíz de los desechos, Rother y Shook (2003) presentan siete pautas para flujos de valor Lean y ocho preguntas orientadoras para analizar los parámetros del proceso. Las siete pautas son las siguientes:

1. Produzca a su tiempo de actividad: produzca a la velocidad que los clientes demandan sus productos.

2. Flujo continuo: cuando sea posible, deje que los productos fluyan de una pieza a la vez, en lugar de en lotes.

3. Supermercados si el flujo continuo no es posible: un "supermercado" es un método Lean para vincular un paso del proceso a un paso aguas arriba que aún debe ejecutarse en

lotes. Cuando se han sacado suficientes artículos de este supermercado, se envía una señal aguas arriba para comenzar la producción de un lote. De esta manera, el trabajo total en progreso es limitado y la producción está estrechamente vinculada a la demanda real del cliente.

4. Programe la producción en un solo paso: como todos los pasos del proceso están estrechamente vinculados, ya sea a través de supermercados o mediante flujos continuos, solo es necesario programar la producción en un paso específico. Esto se llama el "proceso de marcapasos".

5. Nivele la mezcla de producción: si se producen múltiples tipos de productos en el mismo flujo, es esencial mezclar la producción de los tipos tanto como sea posible. Por ejemplo, si los productos A y B se producen en una línea, puede ser tentador producir un lote de producto A durante una semana y un lote de producto B en la siguiente para disminuir el número de cambios. Sin embargo, esto conduce a niveles más altos de trabajo en progreso e inventarios de productos finales. Además, crea una demanda sin nivel de artículos que se utilizan como entrada para el proceso. Esto, a su vez, crea un "efecto látigo" al aumentar la fluctuación de la demanda en toda la cadena de suministro (Lee, Padmanabhan y Whang, 1997).

6. Nivel de volumen de producción: liberar cantidades fijas de trabajo en el departamento de producción. Esto le permite al departamento entender con frecuencia si están a tiempo con su trabajo y si deben intervenir.

7. Acortar el cambio a lo largo del tiempo: centrarse en acortar el cambio a lo largo del tiempo permite disminuir el tamaño del lote y, por lo tanto, mejora la estabilidad y permite una producción nivelada.

Vinculadas a las siete pautas, hay ocho preguntas que ofrecen orientación para desarrollar el estado futuro del proceso:

1. ¿Cuál es el tiempo takt?

2. ¿Construirá a un supermercado de productos terminados o directamente al envío?

3. ¿Dónde puede usar el procesamiento de flujo continuo?

4. ¿Dónde necesitará usar los sistemas de extracción de supermercados?

5. ¿En qué momento programarás la producción? ¿Cuál es el proceso del marcapasos?

6. ¿Cómo nivelará la mezcla de producción en el proceso de marcapasos?

7. ¿Qué incremento de trabajo entregará al proceso de marcapasos?

8. ¿Qué mejoras son necesarias para permitir la implementación del estado futuro?

Al responder estas preguntas, el estado futuro se hace evidente. Este estado futuro se visualiza de manera similar al estado actual. El porcentaje de tiempo de valor agregado debería verse aumentado significativamente. Finalmente, las mejoras necesarias para alcanzar este estado futuro se muestran en la misma descripción general.

El último elemento del análisis de Value Stream Map es planificar la implementación hacia el estado futuro deseado. Para hacerlo, el proceso de estado futuro se divide en diferentes segmentos o bucles. Luego, se define el orden en que se implementan los

segmentos y se realiza un plan por segmento, incluidos los pasos a seguir, las responsabilidades y los objetivos.

No existe una receta para una implementación Lean, pero hay algunas pautas sobre con qué segmento comenzar. Es aconsejable comenzar con una parte del proceso que las personas involucradas en esa área entiendan bien y donde las probabilidades de éxito sean favorables. Además, se prefiere comenzar en un área con grandes ganancias potenciales. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este último criterio puede estar en conflicto con los dos primeros y esto debe tratarse con cuidado. En la Figura 11, se observa un ejemplo aplicado del Estado Futuro.

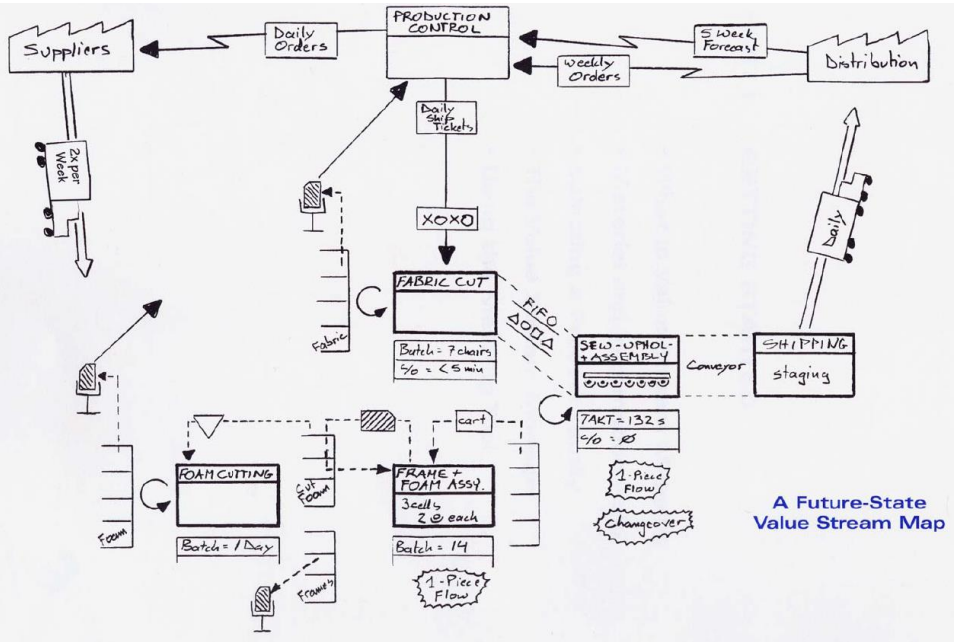


Figura 11: Ejemplo Estado Futuro VSM. Rother, M., & Shook, J. (2003).

4.3 SIMBOLOGÍA DEL VSM

Para realizar el mapa de flujo de valor, se deben saber que representa cada símbolo, de esta forma la simbología se puede apreciar en el **Anexo 1**.

5. VALUE STREAM MAPPING APLICADO

"La inteligencia es la habilidad de adaptarse a los cambios"

Stephen Hawking

Esta sección ilustrará los resultados de los pasos descritos en la sección de VSM. Primero, se describe la empresa a trabajar, luego se selecciona una familia de productos. Seguido, se describe el estado actual y se recopilan datos para comprender cada paso del proceso con más detalle. Posteriormente, se plantean los pasos del estado futuro acompañado de una descripción de las mejoras más importantes sugeridas.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

CLIMATIZACIÓN S.A.[1] ("la empresa") se fundó en 1979 con el objetivo de entregar soluciones de excelencia en el área de climatización a sus clientes. Desde sus inicios, los fundadores sintieron inquietud por solucionar los problemas de climatización de las salas de computación, data center y equipos de confort. Actualmente la empresa cuenta con líneas de negocios avanzadas en climatización, electricidad y control. Cada línea es liderada por un gerente que tiene a cargo, a su vez, a un equipo de profesionales altamente comprometidos. Las áreas de electricidad y control nacen como una necesidad del área de climatización. La especialización hizo que estas dos áreas, electricidad y control, evolucionarán para ser independientes, contando con recursos y personal dedicado. En el organigrama se observan

[1] El nombre y productos/servicios de la compañía pueden ser cambiados debido a acuerdos de confidencialidad.

las líneas principales de negocios. Climatización, Operaciones Data Center, Operación y Mantenimiento y Estudio de Proyectos y Propuestas. El core de la empresa son los proyectos de obras Data Center, pero estos son muy variables en el tiempo. En cambio, se tienen contratos de mantenimientos preventivos y correctivos en el área de Climatización que marcan un piso en los ingresos de la empresa, y debido a la criticidad e importancia de los contratos, es que nos enfocaremos en estos.

La compañía es una empresa familiar, ubicada en la comuna de Lo Espejo, RM, y actualmente dirigida por el hijo del fundador. La instalación tiene doscientos un empleado, distribuidos según el siguiente organigrama (Figura 12).

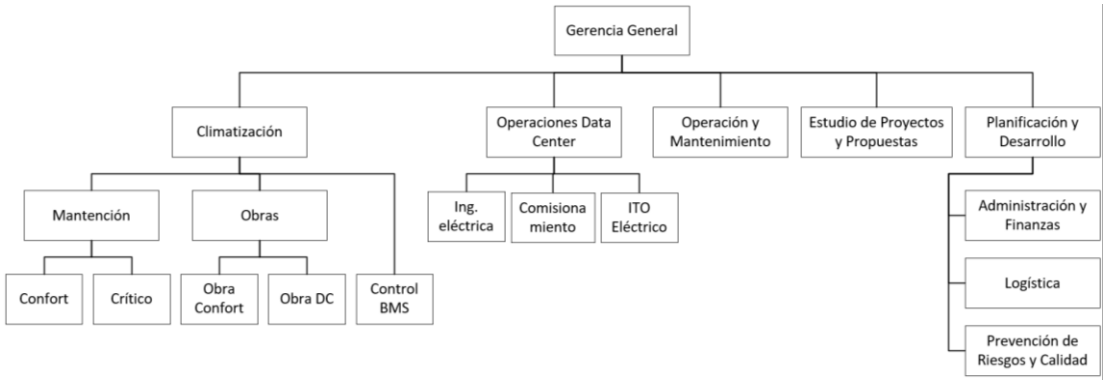


Figura 12: Organigrama CLIMATIZACIÓN S.A. Elaboración Propia.

Para el desarrollo de esta tesis nos enfocaremos en el área de Logística, la cual cuenta con nueve empleados, que se distribuyen en: un subgerente, un jefe de bodega, un administrativo de bodega, dos choferes, dos compradores y un asistente y un encargado de TI, como se puede apreciar en la Figura 13. Los empleados de logística tienen múltiples habilidades y la mayoría de ellos realizan multitareas de acuerdo con las necesidades. La tasa de rotación de los empleados es muy baja. No es una excepción conocer personas que han trabajado en la empresa durante más de veinticinco años.

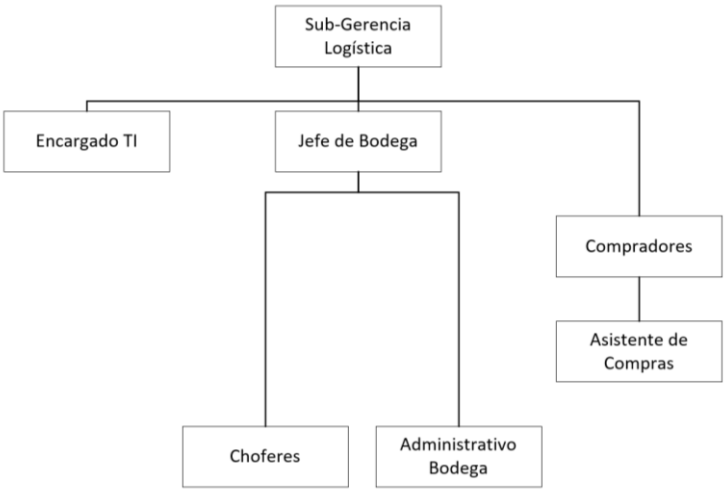


Figura 13: Organigrama Subgerencia Logística. Elaboración Propia.

A la luz de la creciente competencia nacional, la gestión de la empresa tiene como objetivo mejorar el rendimiento del área. Han notado que los plazos de vencimiento a menudo se superan, mientras que los clientes internos exigen tiempos de entrega aún más cortos. Para satisfacer esta demanda con el mismo personal, la productividad debería aumentar. La gestión tiene como objetivo mantener su bodega en Casa Matriz, para mantener un vínculo estrecho entre logística y Administración. Para poder mantener la producción es esencial aumentar la eficiencia, reducir los costos de entrega, disminuir las entregas y el tiempo de los productos en la cadena de suministro.

Para mejorar el rendimiento de la producción, la gerencia ha comenzado un esfuerzo de mejora en toda la instalación, al que contribuye esta investigación. Esta investigación se centra en la mejora del proceso de distribución y compras.

5.2 FAMILIA DE PRODUCTOS

El área de logística tiene una variedad de productos, que difieren significativamente en función. Sin embargo, el proceso de entrega a obra o mantenciones en las diferentes

variedades es bastante similar. Por lo tanto, el conocimiento adquirido sobre un determinado tipo de producto puede generalizarse a la mayoría de los otros productos. Para la elección de la familia de productos, y del producto final, se considerarán las siguientes características: tiempo de respuesta proveedor, impacto en la calidad del servicio y rotación en bodega.

5.2.1 Características familia de productos

5.2.1.1 Tiempo de Respuesta Proveedor

El tiempo de entrega es el retraso aplicable para el control de inventario. Este retraso es generalmente la suma del retraso del suministro, es decir, el tiempo que le lleva a un proveedor entregar las mercancías una vez que se realiza una orden, y el retraso de la reordenación, que es el tiempo que pasa hasta que se vuelve a presentar una oportunidad de realizar una orden. Este tiempo de entrega generalmente se calcula en días. Para este caso se considerará el retraso del suministro.

5.2.1.2 Impacto Nivel de Servicio

Un acuerdo de nivel de servicio, también conocidas por las siglas SLA, es un acuerdo escrito entre un proveedor de servicio y su cliente con objeto de fijar el nivel acordado para la calidad de dicho servicio.

5.2.1.3 Rotación de Inventario

La rotación de inventarios determina el tiempo que tarda en realizarse el inventario, es decir, en venderse. Entre más alta sea la rotación significa que las mercancías permanecen menos tiempo en el almacén, lo que es consecuencia de una buena administración y gestión de los inventarios.

Entre menor sea el tiempo de estancia de las mercancías en bodega, menor será el Capital de trabajo invertido en los inventarios. Una empresa que venda sus inventarios en un mes requerirá más recursos que una empresa que venda sus inventarios en una semana.

5.2.2 Candidatas Familia de Productos

5.2.2.1 Soldadura

La soldadura de plata al 15%, se utiliza al soldar las cañerías y agregarles a estas mismas, los codos, curvas, etc. Su tiempo de entrega fluctúa entre 1 a 2 días. Además, su ficha técnica se presenta en el **Anexo 2**.

5.2.2.2 Gases

Dentro de los gases, se encuentran el Nitrógeno, Acetileno y el Oxígeno. Estos se ocupan para soldar, pero por políticas de la empresa, se está buscando reemplazar esta tecnología con una más moderna, como lo es el PPM. Su ficha técnica se presenta en el **Anexo 3**.

5.2.2.3 Bombonas

Las bombonas se utilizan tanto para mantención preventiva y correctiva, como para la instalación en equipos de obras. Se utiliza como recarga de equipos domiciliarios Split, limpieza de cañerías, equipos VRV, etc. Esta dentro de los productos con mayor rotación. No se puede ocupar cualquiera, se utiliza la marca Global Refrigerants, ya que está comprobado que con otras marcas se deterioran a mayor velocidad los equipos. Los modelos más utilizados son el R141B (**Anexo 4**) y el R410A (**Anexo 5**).

Dentro de las políticas de logística, se privilegia la calidad ante el precio. Además, con la incorporación de nuevas tecnologías, se espera que el soldador calificado sea capaz de doblar

cañerías en vez de agregar codos y curvas, descartando soldadura y gas. De acuerdo con la información de compras, en el **Anexo 6**, se extrae la siguiente información:

CANTIDAD MATERIALES SOLICITADOS 2018-2019			
Producto	Un. de Medida	Total	% de Total
RECARGA DE OXIGENO	m3	428	6%
REFRIGERANTE R -141 B	Kg	480	6%
REFRIGERANTE R-410	Kg	5399	71%
SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	1350	18%
Total		7657	100%

Tabla 3: Cantidad Materiales Solicitados. Elaboración Propia.

Es posible notar en la Tabla 3 que la cantidad de materiales solicitados es mucho mayor en el refrigerante que en la soldadura y el oxígeno. Representando un 71 por ciento del total.

En la Tabla 4, creada a partir del control de stock de mantención, en el **Anexo 7**, es posible notar que el nivel mínimo de stock de la bombona refrigerante R410 es más elevado que los otros elementos, y esto es para poder asegurar un SLA elevado.

CONTROL STOCK MINIMO MANTENCION				
Código	Descripción	Un. Medida	Stock Mínimo	Existencia
.REF100533	REFRIGERANTE R -141 B	Kg	7	27
.REF100530	REFRIGERANTE R-410	Kg	281	171
.SOL900179	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	108	406
.REC500067	OXIGENO	M3	43	0

Tabla 4: Stock Mínimo Mantención. Elaboración Propia.

Con la información recopilada y además de conversaciones con la Subgerente de Logística, se formula la tabla (Tabla 5):

Características Familias de Productos	*Soldadura*	*Gases*	*Bombonas*
Tiempo Respuesta Proveedor	1-2 días	Horas	7 días
Impacto Calidad de Servicio	Media	Baja	Alta
Rotación en Bodega	Media	Baja	Alta

Tabla 5: Comparación Características Familia de Productos. Elaboración Propia.

Considerando que su impacto es alto en el nivel de servicio entregado al cliente, que tiene una alta rotación y que el tiempo de respuesta del proveedor es muy alto, se seleccionará la familia de las bombonas, en particular las bombonas refrigerantes R410 (Figura 14) que son ocupadas en la mayoría de las áreas de la empresa y es el elemento crítico parte del Core de la organización.

Figura 14: Bombona Refrigerante R410. CLIMATIZACIÓN S.A.

5.3 ESTADO ACTUAL

Después de seleccionar la familia de productos, se describe el estado actual del proceso. Primero, se recopila el tiempo takt y otra información básica sobre el proceso. Luego, se

describen los pasos del proceso de producción y se recopilan datos sobre cada paso. Finalmente, se analizan los flujos de información.

5.3.1 Información general del proceso

El período de producción anual de la empresa es de 250 días. Durante este período se realizan 37 pedidos. Esto da como resultado un tiempo takt de 6,75 días.

La instalación debería poder hacer frente a la demanda del período ocupado y al aumento esperado de la demanda.

Un día hábil consta de 8 horas hábiles o 480 minutos. Los descansos no están incluidos en este período. Las bombonas se envían al cliente interno/externo tan pronto como se recepciona en bodega.

5.3.2 Pasos del proceso

El proceso de envío del producto consta de varios pasos discernibles (Figura 15):

- Cliente Interno: Se ingresa la solicitud de compra por parte del supervisor al ERP. Luego se envía esta solicitud vía mail al comprador.
- Compras y Contabilidad: en un primer paso se recepciona la solicitud y se verifica existencia en bodega, en caso contrario se envía la orden de compra al proveedor y se solicita el cheque correspondiente a contabilidad.
- Bodega y Transporte: Se recepciona la OC y cheque, luego se coordina el retiro de los materiales, se ingresan al sistema y finalmente se gestiona la entrega al cliente final.

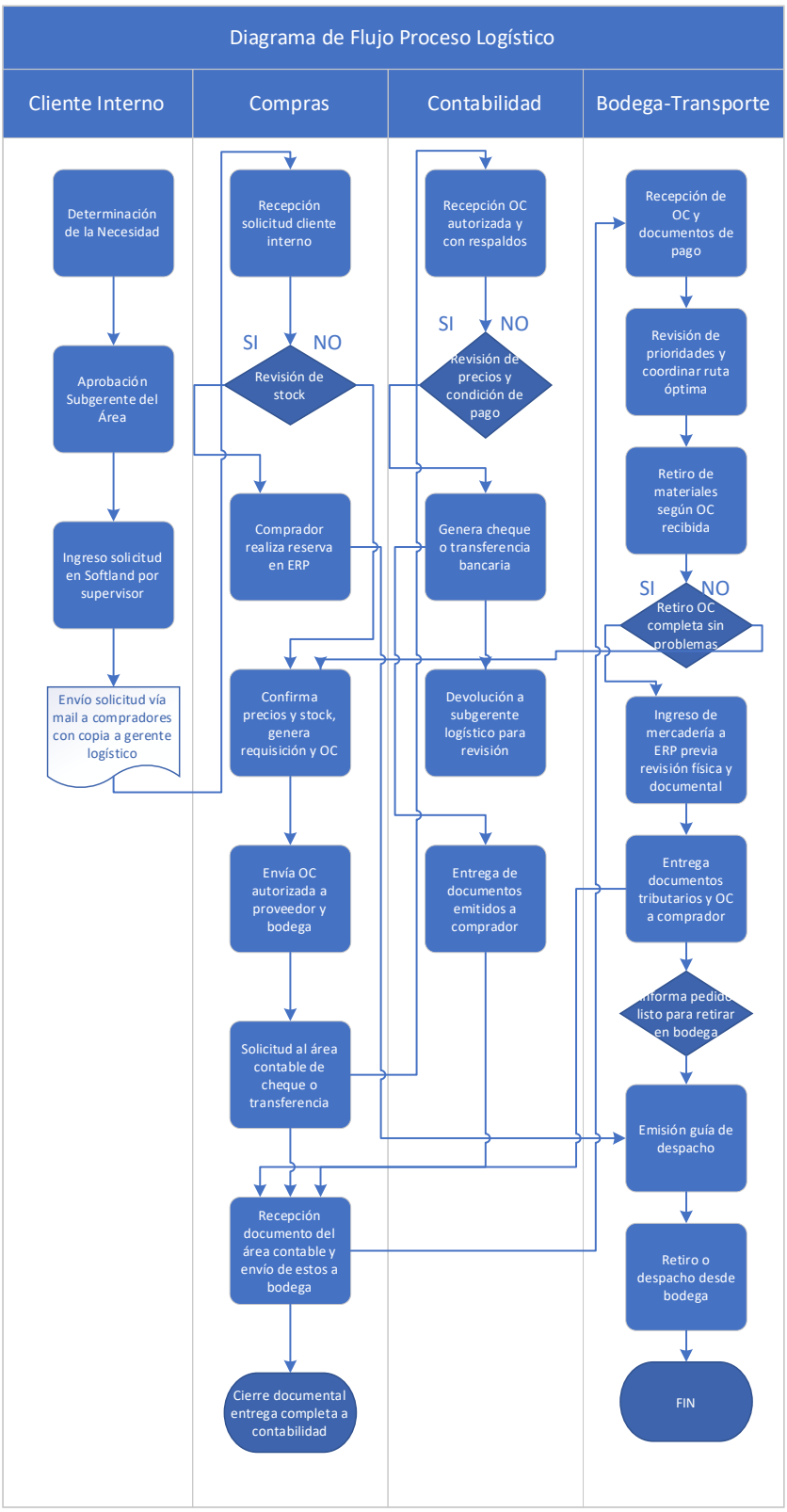


Figura 15: Procesos por los que pasa un producto. Elaboración Propia.

5.3.3 Niveles de Inventario

Existe un inventario de productos que son comúnmente solicitadas, de acuerdo con el ABC de la empresa. Para disminuir el costo de transporte, el material se almacena hasta que se alcanza un cierto volumen. En promedio, los materiales se acumulan durante dos semanas.

En el caso de la bombona R410A, debido a que es un elemento critico por las razones mencionadas anteriormente, es que se tiene un stock de seguridad de 281 Kg (Tabla 4).

5.3.4 Cronograma

El siguiente paso en el proceso VSM es agregar una línea de tiempo, que muestra el flujo de una sola bombona a través del proceso. La línea de tiempo diferencia el tiempo de valor agregado y el tiempo (necesario) sin valor agregado (N) NVA. En los flujos de valor, el tiempo de chequeo de calidad, el tiempo que una bombona está siendo objeto de inspección de calidad al final del proceso, se toma como tiempo de valor agregado completo. El tiempo sin valor agregado se acumula principalmente en el tiempo de inventario. En el caso de CLIMATIZACIÓN S.A., una parte considerable del tiempo (N) NVA de la bombona se encuentra dentro del proceso de bodega y transporte.

Para dar una idea sobre el tiempo total de entrega del pedido, se agrega una línea de tiempo, Figura 16. Esta línea de tiempo únicamente indica el tiempo que lleva desde el momento en que un cliente interno realiza un pedido hasta que este sale de la bodega. Además, el tiempo de entrega del paso de Bodega y Transporte puede variar entre uno y tres días, dependiendo de la criticidad de la compra.

Figura 16: Cronograma Procesos. Elaboración Propia.

5.3.5 Value Stream Map

Toda la información sobre el proceso se visualiza en el diagrama VSM, Figura 17.

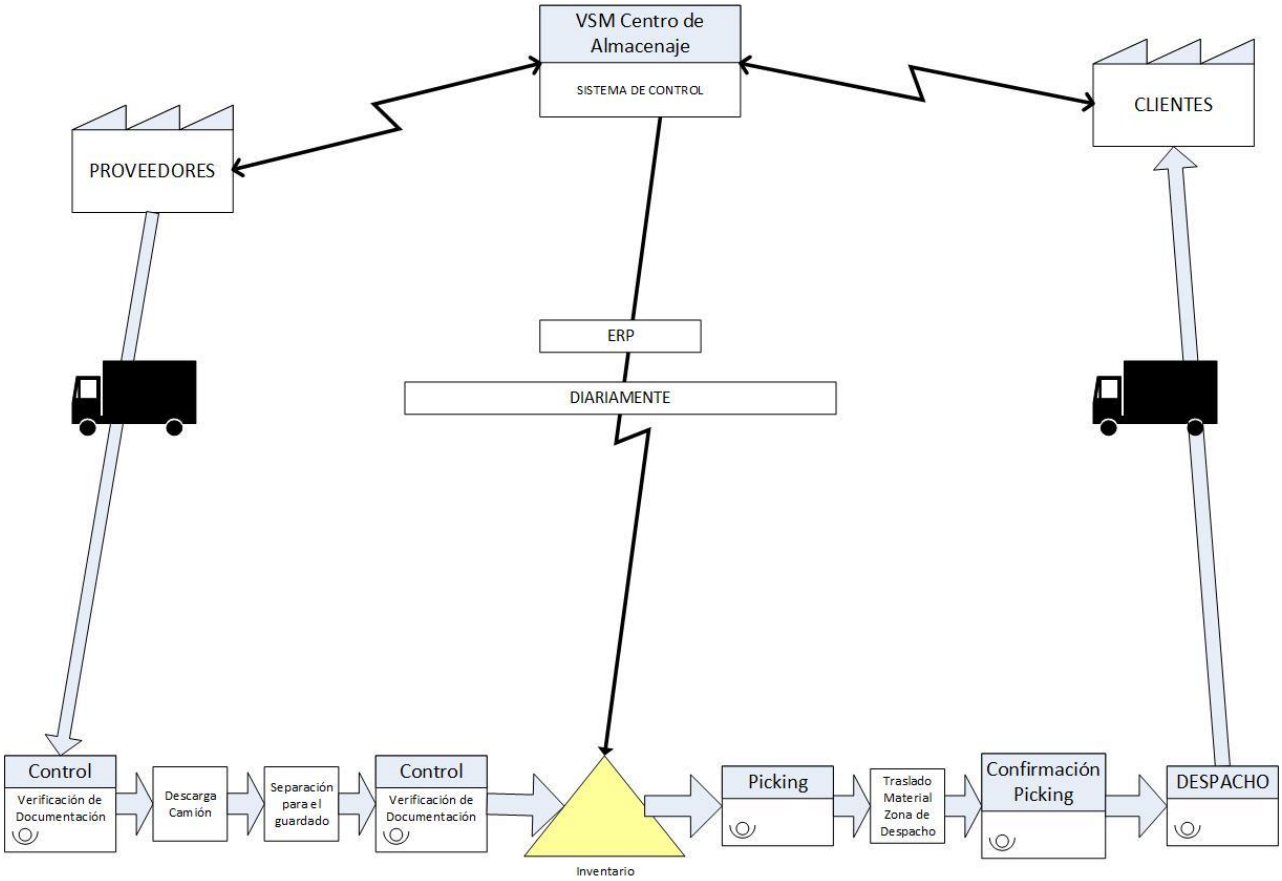


Figura 17: VSM Actual CLIMATIZACIÓN S.A. Elaboración Propia.

5.4 ESTADO FUTURO

El resultado de la sección anterior es una descripción detallada del estado actual del proceso. La visualización del proceso indica que hay potencial de mejora. Esta sección formulará las ocho preguntas orientadoras para el análisis de estado futuro junto con las sugerencias de mejora para el proceso.

5.4.1 Preguntas Orientadoras

Cada una de las ocho preguntas guía planteadas en el capítulo 4.2.2 se discutirá por separado en esta sección.

5.4.1.1 ¿Cuál es el tiempo takt?

Como se discutió en la sección Estado actual, la compañía no tiene una demanda constante durante todo el año. Sin embargo, dado que la instalación debería ser capaz de hacer frente a la demanda peak y se espera que la demanda aumente, se utiliza un tiempo takt ligeramente mayor que el tiempo takt peak actual para el mapa de estado futuro. Por lo tanto, el tiempo de actividad utilizado es de seis días por solicitud.

5.4.1.2 ¿Supermercado de productos terminados o envío directo?

La mayoría de las bombonas son solicitadas para pedidos específicos de los clientes y reparaciones cuando es necesario. Esto significa que no hay uso para los supermercados de productos aparte del existente en casa matriz, donde se utiliza un stock de seguridad de 281 Kg y, por lo tanto, las bombonas se envían directamente después de que se realiza la solicitud.

Aunque para contratos críticos específicos, se podría crear una bodega externa y así atender emergencias los fines de semana sin tener que contar con todo el personal y manteniendo un stock crítico.

5.4.1.3 ¿Dónde usar flujo continuo?

Dado que esto esta aplicado a un proceso de un área de servicios, el flujo continuo está presente en toda la cadena. Por lo tanto, se mantendrá de esa manera.

5.4.1.4 ¿Dónde los supermercados?

Ya que la única gran bodega es en casa matriz, no aplica, pero si se crea una bodega de emergencia, sería dentro del mismo terreno, pero externo a la bodega principal y bajo responsabilidad de los supervisores encargados de contratos críticos.

5.4.1.5 ¿Proceso de marcapasos?

El proceso de marcapasos es donde se impone el horario en el proceso. En general, es el proceso más ascendente del flujo continuo, que en este caso es el paso de recepción del producto. Las conversaciones con el gerente de logística y los empleados de compras revelaron algunos problemas prácticos con la elección del paso de Recepción del Proveedor como el proceso de marcapasos. Principalmente, esto se refería al hecho de que la capacidad de producción en el paso se puede cambiar rápidamente, trabajando con proveedores con tiempos de entrega más rápidos, pero ello conlleva a una menor calidad en el producto, según relatan por experiencias pasadas, es por esto por lo que el proceso de marcapasos será la aprobación de las compras por parte de contabilidad, ya que se tiene que verificar que estén dentro de presupuesto.

5.4.1.6 ¿Cómo nivelar la mezcla de producción?

Al ser esta mejora, aplicada a un servicio, no existe una producción paralela para ser aplicada.

5.4.1.7 ¿Qué incremento de trabajo?

En general, el incremento del trabajo liberado en el proceso del marcapasos es un múltiplo del tiempo takt. En el caso de CLIMATIZACIÓN S.A., eso es un incremento de seis días de trabajo. Sería favorable liberar incrementos de trabajo más pequeños para tener una retroalimentación más frecuente sobre el progreso. Sin embargo, la naturaleza del trabajo lo impide. Se podría dar una indicación por paso de qué progreso debería haberse realizado después de una cierta cantidad de horas para dar retroalimentación intermitente.

5.4.1.8 ¿Qué mejoras se necesitan?

Esta sección describirá las mejoras clave relevantes para todo el proceso.

- Implementación de KPIs: Para llevar un control más acabado sobre el ciclo del proceso, se implementarán KPI que ayuden a esta tarea, detallados en la Tabla 6.

Indicador	Objetivo	Fórmula	Criterio Acept.	Frecuencia
Ciclo Total de un Pedido	Medir el nivel de cumplimientos según el tiempo transcurrido desde que el cliente solicita hasta que el producto es entregado conforme.	$F = \left(\frac{\sum N° \ Pedidos \ Conformes}{\sum N° \ Pedidos \ Totales}\right) * 100$	N° Pedidos Conformes son solicitudes gestionadas a tiempo y entregadas en un plazo no mayor a 6 días. >60%	Mensual
Ciclo de la orden de Compra (Lead Time)	Mide la respuesta del área compras por cada solicitud.	$F = \left(\frac{\sum Fecha \ Recepción \ Pedido}{\sum Fecha \ Creación \ OC}\right) * 100$	>60%	Mensual
Entregas a Tiempo	Medir la efectividad de las entregas realizadas	$F = \left(\frac{\sum N° \ Pedidos \ a \ Tiempo}{\sum N° \ Pedidos \ Totales}\right) * 100$	>80%	Mensual
Ciclo del Pedido en Almacén	Mide el tiempo desde la recepción y/o separación del producto hasta que es generada la guía de salida.	$F = \left(\frac{\sum Fecha \ Recepción}{\sum Fecha \ Emisión \ Guía}\right) * 100$	>60%	Mensual

Tabla 6: Tabla Creación KPIs. Elaboración Propia.

Con la creación de estos KPI se espera obtener para el ciclo total de un pedido, entregas en un plazo no mayor a 6 días. Para el ciclo de la OC, que se genere en un plazo máximo de un día. Lograr el número de pedidos entregados a tiempo y sin problemas superior al 80%. Y por último que el ciclo del pedido en bodega se complete en un día. Para lograr estos

objetivos se plantea otra mejora. Adicionalmente se propone realizar un cambio físico con el fin de mejorar el almacenamiento y control de stock.

- Cambio Físico: Distribución de bodega por pasillo con identificación de productos, por rack con ubicación en ERP. Esto implica una reducción del tiempo de separación de productos, lo que se traduce en ahorros de HH, y el desarrollo de productos sustitutos en ERP, que permitan entregar solución rápida cuando el proveedor tiene quiebre de stock y para hacer uso del inventario histórico de la empresa.

Si se implementa esta metodología y se cumplen las metas propuestas por los KPI, se puede lograr una disminución en los tiempos de entrega en un 33,4 por ciento, ya que se pasa de un tiempo takt de 6 a 4 días.

Con estas propuestas de mejoras, es posible cuantificar aproximadamente un ahorro que repercute en la rentabilidad, debido a que la empresa no se exponga a multas por no cumplimiento de tiempos y estar preparados para un mantenimiento crítico en horarios no hábiles. La Tabla 7 ilustra la situación, logrando un ahorro potencial anual de $40.800.000.

Ahorro ante Posibles Mejoras	
Tipo	Monto
Multa	$ 200.000
Mantenimiento Crítico	$ 500.000
Personal Bodega	$ 150.000
Subtotal	$ 850.000
Pedidos Promedios x Mes	4
Total Mensual	$ 3.400.000
Total Anual	$40.800.000

Tabla 7: Ahorro Potencial Subgerencia Logística. Elaboración Propia.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

"Necesitamos enseñar a que la duda no sea temida, sino bienvenida y debatida. No hay problema en decir: 'No lo sé'"

Richard Feynman

6.1 DISCUSIÓN DE LA EMPRESA

Antes de la investigación, la gerencia de la compañía estableció objetivos para dos parámetros. El objetivo era disminuir el tiempo de entrega en un 40 por ciento y aumentar la productividad en un 10 por ciento. Aunque los objetivos se establecieron arbitrariamente, es relevante entender si el método VSM indica un potencial de mejora suficiente para satisfacer a la empresa.

Las sugerencias de mejora tienen el potencial de disminuir los tiempos de entrega en un 33,4 por ciento. Esto aumenta la productividad de los empleados en el porcentaje inverso, un 66,6 por ciento. La mejora es mucho más de lo previsto y los gerentes se sorprendieron por la cantidad de desperdicio que se encuentra dentro del proceso. Las perspectivas inesperadas surgieron especialmente de la cantidad de tiempo perdido debido a problemas con el material entrante por parte de los proveedores y al caminar por las instalaciones para encontrar herramientas y piezas. Esto reduce el tiempo de inventario de los productos.

Los diagramas VSM demostraron ser una herramienta poderosa para transmitir este mensaje, además mostró que se necesitaba un cambio de mentalidad en torno a este tema.

Además, se observó que la iniciativa Lean fue bien recibida por la mayoría de los empleados de producción. Sintieron que los problemas que encontraban en su trabajo diario ahora eran reconocidos y que se hizo un esfuerzo para mejorar estructuralmente el proceso. Su escepticismo sobre la longevidad de este esfuerzo debe superarse con perseverancia. Como se planea que la mayor parte de la implementación suceda después de esta investigación, no es posible comprender el efecto de este esfuerzo en la satisfacción de los empleados. Algunos empleados pueden perder la sensación de ser indispensables, ya que el conocimiento más tácito se convierte en conocimiento explícito. Además, los empleados pueden perder algunas libertades que tienen actualmente. Por ejemplo, a los empleados ahora se les permite decidir cuántas horas trabajan cada día, siempre que trabajen cuarenta horas por semana. Esto puede volverse problemático cuando se alcanza el tiempo takt. Es esencial manejar esta influencia con cuidado.

Cabe señalar que la mayoría de las mejoras no ofrecen un aumento directo en la rentabilidad, principalmente porque no se puede disminuir el tamaño del personal de producción. Se logrará una mayor rentabilidad garantizando que la misma instalación sea capaz de hacer frente a un aumento en las ventas.

Finalmente, varias discusiones con la gerencia y los empleados permitieron confiar en que el análisis centrado en esta familia de productos específica puede generalizarse a la mayoría de la gama completa de productos existentes en la empresa.

CUADRO COMPARATIVO VSM					
Característica	CUALITATIVO		Característica	CUANTITATIVO	
	ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS
Conocimiento	Tácito	Explícito	Tiempo Takt	6	4
Percepción de la gente	Reticente al cambio	Reconocimiento de su trabajo e inquietudes	Tiempo de Entrega	Disminución 33,4%	
Supermercados	Casa Matriz	Casa Matriz con bodega de emergencia	Productividad del Área	Aumento 66,6%	
Proceso Marcapasos	Recepción de Productos	Aprobación de compras por Contabilidad	Ahorro/Beneficio	$40.800.000 anuales	

Tabla 8: Cuadro Comparativo VSM. Elaboración Propia.

6.2 DISCUSIÓN GENERAL

Para comprender el valor relativo de las posibles mejoras, los resultados deben compararse con los resultados obtenidos en otros casos. Sin embargo, esto se complica por dos preocupaciones principales. En primer lugar, hay pocos ejemplos publicados de estudios en entornos de producción comparables para ser utilizados como punto de referencia. En segundo lugar, el nivel de mejoras potenciales depende en gran medida del estado inicial del proceso considerado. No existe un modelo claro de evaluación comparativa para comparar los estados iniciales de diferentes procesos.

Para obtener alguna indicación de lo que se considera una implementación Lean exitosa, las posibles mejoras en la empresa con respecto al tiempo de entrega y la productividad se comparan con dos medidas. Los objetivos establecidos por Lathin y Mitchell (2001) y un caso de estudio algo similar (Gates, 2004).

Lathin y Mitchell (2001) afirman que cualquier productor tradicional debería poder reducir el tiempo de entrega en un 90 por ciento y aumentar la productividad laboral en un 50 por ciento. Aunque la compañía no es una productora per se, estas mejoras sirven como una indicación. Gates (2004) realiza un análisis VSM en un solo departamento de un entorno de alta mezcla / bajo volumen, que podría considerarse relativamente similar a la empresa.

A través de las mejoras propuestas, se puede reducir su tiempo de entrega total un 33,4 por ciento. La causa predominante de que esto no cumpla con los objetivos establecidos es el largo plazo de entrega que ofrecen los proveedores. Extender los esfuerzos Lean a los proveedores puede disminuir aún más el tiempo total de entrega. La productividad laboral se puede aumentar un 66.6 por ciento. Esto supera el potencial encontrado por Gates (2004) y se acerca a la meta establecida por Lathin y Mitchell (2001). Se hipotetiza que la alta fracción del trabajo manual aplicado en la empresa y el hecho de que no tienen configuraciones limitan su mejora potencial.

Para comprender si el análisis de la producción del producto escogido ofrece un potencial suficiente, el potencial de mejora se comparó con las expectativas de la gerencia y con las medidas de la literatura. Ambas comparaciones indican que el potencial encontrado puede considerarse sustancial.

7. CONCLUSION E IMPLICACIONES

"La imaginación a menudo nos lleva a mundos que nunca fueron, pero sin ella no vamos a ninguna parte"

Carl Sagan

Esta sección responderá primero las tres preguntas de investigación secundaria. La combinación de las respuestas a estas preguntas conducirá a una conclusión sobre la principal pregunta de investigación de esta tesis.

7.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El propósito de esta tesis era comprender si el método de Mapeo de flujo de valor (VSM) es un método apropiado para que las pequeñas y medianas empresas sean más productivas y respondan de manera más adecuada a la demanda de los clientes. Para responder a la pregunta de investigación, se propusieron y respondieron tres preguntas de subinvestigación en esta tesis.

Primero, era esencial comprender si el pensamiento Lean es aplicable a las PYME. La extensa revisión de la literatura dio una respuesta ambigua. Con base en los resultados, el pensamiento Lean comúnmente rinde, parece que Lean es un enfoque interesante para las PYME. Diversas investigaciones muestran que la implementación Lean en las PYME es menos común y extensa que en las grandes organizaciones. Otra investigación muestra que, si bien las PYME generalmente implementan métodos menos Lean, se benefician más en

términos de productividad. Varios casos de estudio de implementaciones Lean en las PYME muestran qué resultados se pueden lograr implementándolo. Esta tesis por sí sola es un ejemplo de posibles mejoras que pueden revelarse mediante métodos Lean. Por lo tanto, se puede concluir que el pensamiento Lean es una metodología de producción adecuada para las PYME, al menos bajo ciertas condiciones.

Luego, se seleccionó el método de implementación Lean más apropiado para las PYME. Los factores críticos de éxito para la implementación Lean que se encuentran en la literatura se tradujeron en características esenciales de un método de implementación. Se describieron y discutieron diferentes métodos de implementación de acuerdo con las características esenciales. De este análisis VSM surgió como el candidato más apropiado. Este método carece de un enfoque explícito en el cambio cultural necesario. Sin embargo, se planteó la hipótesis de que la visualización clara de los casos de desperdicio puede generar una comprensión suficiente entre la fuerza laboral.

El método VSM se realizó en un proceso especifico de la empresa. A través de conversaciones informales y observación directa del proceso, se recopilaron datos sobre todo el flujo de valor. Durante el período de observación, se registraron sugerencias para mejorar los pasos del proceso. La combinación de las sugerencias registradas con el análisis VSM prescrito dio como resultado un estado futuro propuesto del proceso. La comparación del estado futuro propuesto con el estado actual dio una idea de la mejora potencial con respecto a diferentes parámetros del proceso, como la productividad y el tiempo de entrega. El potencial revelado superó las expectativas de la gerencia y se obtuvieron algunas ideas inesperadas. Para valorar la relevancia del potencial expuesto, las ganancias se compararon con las medidas encontradas en la literatura. Aunque las medidas utilizadas están lejos de ser

universalmente aceptadas, el punto de referencia parece indicar que el potencial de mejora encontrado es sustancial. Logrando un ahorro esperado de $40.800.000 anuales.

Finalmente, se puede concluir que Lean puede ser aplicable a las PYME. Además, se proporciona evidencia que respalda la conclusión de que VSM es el método de implementación Lean más apropiado para las PYME. Finalmente, el potencial de mejora encontrado por el método VSM es sustancial. En conjunto, las conclusiones para las diferentes preguntas de subinvestigación conducen a responder la pregunta principal de investigación. Se concluye que Value Stream Mapping puede ofrecer una guía útil en la búsqueda de las PYME para ser más productivos y responder mejor a la demanda de los clientes.

8. LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

"Nada es demasiado maravilloso para ser cierto si obedece a las leyes de la naturaleza"

Michael Faraday

Esta sección final describirá las limitaciones de la investigación y los resultados presentados en esta tesis. Además, se presentarán sugerencias para futuras investigaciones.

8.1 LIMITACIONES

Existen varias limitaciones para esta investigación. La causa de varias limitaciones es la estrategia de investigación seleccionada, que es una combinación de una extensa revisión de la literatura con un caso de estudio de una sola compañía. Esto limita la posibilidad de generalización de las conclusiones de esta investigación a otras PYME, especialmente aquellas que difieren sustancialmente de la empresa en estudio. Además, la investigación prueba solo un método de implementación y, por lo tanto, no puede comparar los resultados con esfuerzos de implementación Lean en una organización similar utilizando diferentes métodos de implementación. La investigación que cubre múltiples métodos de implementación en una amplia gama de PYME puede ofrecer una visión más profunda de la aplicabilidad y el potencial de Lean en las PYME, y los efectos de seguir diferentes enfoques de implementación.

Finalmente, el potencial de mejora revelado es, por ahora, hipotético. La empresa realizó algunos primeros pasos de implementación como resultado de esta investigación. Las mediciones del proceso mejorado deberían validar el potencial de mejora. Sin embargo, la implementación no había alcanzado un estado progresado significativamente durante el período disponible para esta investigación.

8.2 INVESTIGACIÓN FUTURA

Esta investigación también lleva a sugerencias para futuras investigaciones. La primera sugerencia es aumentar la investigación de los efectos del pensamiento Lean en las PYME. Las PYME son un elemento importante de la economía chilena y aumentar su productividad mejoraría la posición competitiva de las economías occidentales en el mercado globalizado. Una parte de esta investigación debería dedicarse a desarrollar una mejor comprensión de un método de implementación óptimo. Por lo tanto, la investigación debe comparar instancias de implementación Lean utilizando diferentes métodos de implementación para comprender las ventajas de las desventajas o los diferentes enfoques. Para apoyar esta investigación, se debe desarrollar un marco que permita clasificar la "Leanness" del estado inicial de cada caso. Esto permite una mejor evaluación comparativa entre casos.

Además, se debe investigar más sobre cómo mantener el uso de métodos Lean y cómo traducir esto en una ventaja competitiva duradera. Un método genérico para calcular las implicaciones financieras de un esfuerzo Lean podría ayudar a aumentar la difusión de la implementación Lean.

Otras áreas de investigación que actualmente permanecen relativamente sin explotar son cómo se puede implementar el pensamiento Lean en las PYME que ofrecen servicios.

Especialmente Lean en las microempresas de servicios, que tienen menos de diez empleados, han quedado fuera del alcance de la literatura académica.

Además, se debe obtener más información sobre cómo la implementación del pensamiento Lean afecta el bienestar y la satisfacción de los empleados en las PYME. La dinámica de los empleados en una organización pequeña puede diferir de la dinámica en una organización grande. Para garantizar beneficios duraderos de la implementación Lean, la satisfacción de los empleados debe entenderse y gestionarse con cuidado.

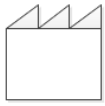
Finalmente, en conversaciones con diferentes compañías, se hizo evidente que existe una falta de comprensión sobre qué filosofía de mejora, por ejemplo, Lean, TOC o SixSigma, es la más adecuada para los problemas más apremiantes de una compañía. Como toda esta filosofía apunta a mejorar el flujo de productos, se podría desarrollar una filosofía de fabricación de flujo. Esta filosofía podría combinar las tres filosofías mencionadas en una sola. Esto también disminuiría la polarización entre partidarios de diferentes filosofías.

9. ANEXOS

"Las dificultades de lenguaje son importantes. El habla nativa de cada uno es como un traje hecho a medida; nadie se siente cómodo cuando no puede emplearlo y tiene que sustituirlo por otro"

Erwin Schrödinger

Anexo N°1: Simbología de Value Stream Mapping. *Fuente: Ingeniería Industrial Online*

Icono	Definición
	Fuentes externas: Representa clientes y proveedores
	Representa el traslado de materia prima y producto terminado. De proveedor a planta o de planta a cliente.
	Transporte mediante camión de carga.
	Operación del proceso.
	Información: Pronóstico, plan de producción, programación

	Casillero de datos con indicadores del proceso.
	Flecha de empuje para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante un sistema push.
	Flecha de arrastre para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante un sistema pull.
	Flecha para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante una secuencia: "primeras entradas, primeras salidas"
	Inventario: De materia prima, producto en proceso, producto terminado.
	Información transmitida de forma manual.
	Información transmitida de forma electrónica.
	Relámpago Kaizen: Este símbolo representa los puntos dónde deben realizarse eventos de mejora enfocado en implementar la herramienta de Lean Manufacturing expresada.
	Kanban de producción.
	Línea de tiempo: Muestra los tiempos de ciclo de las actividades que agregan valor, y los tiempos de las actividades que no agregan valor.

Anexo N°2: Ficha Técnica Soldadura 15%. *Fuente: "CLIMATIZACIÓN S.A."*

ARGENTA
TECNOLOGIA EN SOLDADURA

PROCESO CERTIFICADO ISO 9001 : 2008

CERTIFICADO DE ANALISIS
MATERIAL TEST REPORT

: 19018
: SP-15
: SP-15, AWS B CuP-5
: 15/01/2019
: 16:56:39

: 2,4mm
: 500mm
: 704-816C

	Ag %	Cu %	P %	Sn %	Mn %	Fe %
Max	15,50		5,20			
Valor	**14,84**	**80,0**	**5,00**	**0,0532**	**<0,00300**	**<0,00300**
Min	14,50		4,80			

	Ni %	Si %	Mg %	Cr %	As %	Sb %
Max						
Valor	**0,0480**	**<0,00200**	**<0,00200**	**<0,00500**	**0,0123**	**<0,0100**
Min						

	Bi %	Co %	Al %	S %	Pb %	Zn %
Max						
Valor	**<0,00200**	**<0,00200**	**<0,00200**	**0,0229**	**0,0308**	**<0,00500**
Min						

COMENTARIOS / COMMENTS:

Este certificado confirma que el producto cumple con los requerimientos de su especificación y clasificación. / This certificate of conformance confirm the above product meets the requirements for the listed specification and classification.

Método de Análisis: Espectrometría de Emisión Óptica (EEO). / Analytical Method: Optical Emission Spectroscopy (OES).

ARGENTA *UN BUEN NOMBRE EN LA INDUSTRIA*

Anexo N°3: Ficha Técnica Oxígeno. *Fuente: "CLIMATIZACIÓN S.A."*

INDURA
GrupoAIR PRODUCTS

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

INDURA S.A. certifica que su producto **OXÍGENO INDUSTRIAL gaseoso,** llenado en los cilindros, cumple con las especificaciones indicadas, en la **Norma Chilena 2168**, equivalente a **Norma CGA G-4.3.**

Composición:

OXIGENO 99.7% minimo	
O_2	$\geq$ 99.7 %
H_2O	$\leq$ 8 ppm

** ppm: partes por millón*

Método de Análisis

Monitor específico:
Detector Paramagnético
Sensor Óxido de Aluminio

Características

Válvula	DIN 477 (0.4-10 m^3), PIN (0.4-0.7 m^3) y Válvula Integrada (0.7m^3)
Estabilidad	24 Meses

Alejandro Symmes Cancino
Jefe de Gases y Mezclas Especiales
Laboratorio de Gases Especiales

INDURA trabaja bajo estándares internacionales de Seguridad, Salud, Calidad y Medio Ambiente.

Soldaduras ISO 9001
Líquidos Criogénicos: Gases para Alimentos:
ISO 9001 / 14001 / ISO-TS 22002-1 / FSSC 22000.

Centro de Servicio al Cliente:
600 600 3030
www.indura.net

Anexo N°4: Ficha Técnica Bombona R141B. *Fuente: "CLIMATIZACIÓN S.A."*

GLOBAL Refrigerants

R141B

Material Safety Data Sheet

Date:

SECTION I – CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product Name in English: Refrigerants Gas R141B

Synonyms:	HCFC-141B, HFA-141B Dichlorofluoroethane
Formula:	CH3CCL2F
Supplier:	Global Refrigerants (S) Pte Ltd
Address:	No.9 TUAS LINK 1, SINGAPORE 638587
Website:	www.globalrefrigerants.com.sg
Email:	msds@globalrefrigerants.com.sg
Telephone:	+6568633983
Telefax:	+6568636330

SECTION II- COMPOSITION/ INFORMATION ON INGREDIENTS

INGREDIENT NAME	CAS NUMBER	Concentration
Dichlorofluoroethane	1717-00-6	>=99.50%

SECTION III – HAZARDS IDENTIFICATION

. **Adverse human health effects:** Liquefied gas, contact of liquid may cause frostbite and injury to the Cornea. High exposures may cause an abnormal heart rhythm and prove suddenly fatal. Very high atmospheric concentrations may cause anaesthetic effects and asphyxiation. Liquid splashes may cause freeze burn to the skin and eyes.

Physical and Chemical hazards: Heating will cause a rise in pressure and risk of bursting. On combustion toxic gasses are released.

Potential Health Hazards:

Skin Contact: In case of repeated contact: dry and chapped skin, risk of chronic dermatitis.

Eyes: Irritant. Liquid contact will irritate and may cause conjunctivitis.

Inhalation: Remove the subject from the contaminated area. Oxygen or cardiopulmonary resuscitation if necessary. Consul with a physician in case of respiratory and nervous symptoms.

Anexo N°5: Ficha Técnica Bombona R140A. *Fuente: "CLIMATIZACIÓN S.A."*

GLOBAL REFRIGERANTS (S) PTE LTD

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Sample Name	: R410A	Contract No.	: GL18-13136
Sample Source	: CYLINDER	Sampling time	: 08/03/2018
Batch No	: GL180159	Certificate date	: 08/03/2018
Product standard	: ARI 700		

Density Items	Standard Demands	Results
APPEARANCE	CLEAN TRANSPARENT COLORLESS LIQUID	
HFC-32,%	49.5±1	49.98
HFC-125, %	50±1	49.99
Purity, %	≥99.5	99.97
MOISTURE,%	≤0.002	0.0009
ACIDITY (AS HCL), %	≤0.0001	0
EVAPORATION RESIDUES, %	≤0.01	0.0009
Product amount: 12.882MT	FINAL conclusion: Conformity	
Tester: CHENFEIWEI Checker: XUDONGBO Auditor: XUYIHONG	GLOBAL REFRIGERANTS (S) PTE LTD	

Anexo N°6: Compras 2018-2019. *Fuente: "CLIMATIZACIÓN S.A."*

Compra Materiales 2018-2019						
Fecha	Código de producto	Unidad de Medida	Cantidad Solicitada	Cantidad Recibida	Moneda	Precio Unitario
17/10/2018	RECARGA DE OXIGENO	m3	34	34	$	3.334
26/10/2018	RECARGA DE OXIGENO	m3	40	40	$	2.834
27/11/2018	RECARGA DE OXIGENO	m3	80	80	$	2.834
02/01/2019	RECARGA DE OXIGENO	m3	30	30	$	2.834
05/02/2019	RECARGA DE OXIGENO	m3	68	68	$	3.334
06/02/2019	RECARGA DE OXIGENO	m3	51	51	$	3.001
06/06/2019	RECARGA DE OXIGENO	m3	45	45	$	2.834
29/08/2019	RECARGA DE OXIGENO	m3	80	80	$	3.779
01/10/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	90	90	$	5.000
04/10/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	5.000
09/10/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	5.000
10/10/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	5.000
24/10/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	5.000
05/11/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	79	79	$	5.000
09/11/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	57	57	$	5.000
19/11/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	5.000
30/11/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	5.000
04/12/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	5.000
12/12/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	5.000
18/12/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	57	57	$	5.000
27/12/2018	REFRIGERANTE R-410	Kg	90	90	$	5.000
07/01/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	5.000

10/01/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	5.000
10/01/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	34	0	$	5.577
21/01/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	90	90	$	5.000
28/01/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	79	79	$	5.000
01/02/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	170	170	$	5.000
05/02/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	283	283	$	5.000
06/03/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	23	23	$	4.507
27/03/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	136	136	$	4.336
04/04/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	136	136	$	4.336
12/04/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	0	$	4.336
22/04/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	4.336
08/05/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	4.336
27/05/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	68	68	$	3.996
31/05/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	45	45	$	3.996
31/05/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	20	0	$	46.000
04/06/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	4.070
12/06/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	4.071
20/06/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	113	113	$	4.071
26/06/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	4.080
27/06/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	170	170	$	4.071
05/07/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	3.954
08/07/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	203	203	$	4.159
29/07/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	226	226	$	3.954
14/08/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	170	170	$	4.204
28/08/2019	REFRIGERANTE R-410	Kg	124	124	$	4.203

01/10/2018	REFRIGERANTE R-22	Kg	14	14	$	3.088
09/10/2018	REFRIGERANTE R-22	Kg	136	136	$	3.088
09/11/2018	REFRIGERANTE R-22	Kg	68	68	$	3.088
30/11/2018	REFRIGERANTE R-22	Kg	82	82	$	3.088
06/12/2018	REFRIGERANTE R-22	Kg	272	272	$	3.088
17/12/2018	REFRIGERANTE R-22	Kg	177	177	$	3.088
10/01/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	109	109	$	3.088
28/01/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	136	136	$	3.088
18/02/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	272	272	$	2.647
21/03/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	163	163	$	2.647
08/04/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	204	204	$	2.868
12/06/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	136	136	$	2.868
08/07/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	54	54	$	2.934
14/08/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	95	95	$	3.081
28/08/2019	REFRIGERANTE R-22	Kg	54	54	$	3.082
09/10/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	68	68	$	4.867
09/11/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	23	0	$	5.880
09/11/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	23	23	$	5.880
09/11/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	90	90	$	4.867
19/11/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	113	113	$	4.867
19/11/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	23	23	$	6.062
22/11/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	113	113	$	4.867
18/12/2018	REFRIGERANTE R-407	Kg	113	113	$	4.867
10/01/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	113	113	$	4.867
21/01/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	102	102	$	4.867

28/01/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	68	68	$	4.867
29/01/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	23	23	$	6.316
30/01/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	90	90	$	4.867
05/02/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	45	45	$	4.867
08/04/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	113	113	$	4.585
27/05/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	113	0	$	4.585
04/06/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	102	102	$	4.336
08/07/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	45	45	$	4.336
19/07/2019	REFRIGERANTE R-407	Kg	57	57	$	4.929
10/10/2018	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	54	54	$	5.513
06/11/2018	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	41	41	$	4.669
03/12/2018	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	14	14	$	4.386
04/12/2018	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	27	27	$	4.386
06/12/2018	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	27	27	$	4.386
03/01/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	14	14	$	4.625
08/01/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	14	14	$	4.486
10/01/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	54	54	$	4.486
18/01/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	41	41	$	4.486
25/01/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	27	27	$	4.486
27/02/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	14	14	$	4.401
25/03/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	27	27	$	4.401
12/04/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	27	27	$	4.401
18/04/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	41	41	$	4.401
08/07/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	27	27	$	4.257
12/07/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	2	0	$	56.163

12/07/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	27	27	$	4.130
26/07/2019	REFRIGERANTE R - 141 B	Kg	2	2	$	57.900
27/06/2019	REFRIGERANTE R-134A	Kg	109	109	$	4.816
10/10/2018	REFRIGERANTE R-404A	Kg	22	22	$	5.669
29/10/2018	REFRIGERANTE R-438A	Kg	79	79	$	9.186
04/12/2018	REFRIGERANTE R-438A	Kg	40	40	$	7.776
11/12/2018	REFRIGERANTE R-438A	Kg	27	27	$	7.776
13/12/2018	REFRIGERANTE R-438A	Kg	53	53	$	7.776
20/12/2018	REFRIGERANTE R-438A	Kg	40	40	$	7.776
16/01/2019	REFRIGERANTE R-438A	Kg	14	14	$	7.633
21/01/2019	REFRIGERANTE R-438A	Kg	41	41	$	7.633
25/01/2019	REFRIGERANTE R-438A	Kg	53	53	$	7.776
27/02/2019	REFRIGERANTE R-438A	Kg	23	0	$	9.186
27/02/2019	REFRIGERANTE R-438A	Kg	23	11	$	9.186
04/03/2019	REFRIGERANTE R-438A	Kg	11	11	$	11.372
13/03/2019	REFRIGERANTE R-507	Kg	11	11	$	5.102
27/08/2019	REFRIGERANTE R-507	Kg	23	23	$	4.266
06/12/2018	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	324	324	$	1.592
10/01/2019	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	324	324	$	1.592
16/01/2019	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	162	162	$	1.592
17/04/2019	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	162	162	$	1.592
18/04/2019	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	108	108	$	1.592
08/05/2019	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	54	54	$	1.592
04/06/2019	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	54	54	$	1.592
06/09/2019	SOLDADURA DE PLATA 15%	Barra	162	162	$	2.657

Anexo N°7: Control Stock Mínimo Mantención 2019. *Fuente: "CLIMATIZACIÓN S.A."*

CONTROL STOCK MINIMO MANTENCION					
Código	Descripción	Un. Medida	Stock Mínimo	Existencia	Pedir
.REF100533	REFRIGERANTE R -141 B	KG	7	27	0
.REF100530	REFRIGERANTE R-410	KG	281	171	110
.SOL900179	SOLDADURA DE PLATA 15%	BA	108	406	0
.REC500067	OXIGENO	M3	43	0	43
.REF100531	REFRIGERANTE R-22	KG	65	158	0
.BOM600002	BOMBA DE CONDENSADO MAXI ORANGE	UN	5	7	0
.REF100535	REFRIGERANTE R-404A	KG	7	54	0
.REF100532	REFRIGERANTE R-407	KG	38	0	38
.BOM600003	BOMBA DE CONDENSADO MINI ORANGE	UN	5	18	0
.HUI900072	HUAIPE MECANICO BLANCO 1 KG	KG	5	4	1
.PAÑ500060	PAÑO LIMPIEZA 1 KG	KG	10	4	6
.SIE900179	PAÑO MULTIUSO MICROFIBRA	UN	10	0	10
.ZAP500010	WD-40	UN	5	8	0
.SIL100601	SILICONA EN CREMA BLANCA (X-10) 500 ML	UN	30	26	4
.CIN500035	CINTA AISLADORA PVC ELECTRICA NEGRA 3M	UN	10	3	7
.CIN500053	CINTA AISLADORA BLANCA	UN	7	0	7
.CIN500052	CINTA AISLADORA PVC ELECTRICA AZUL 3M	UN	7	0	7
.CIN500054	CINTA AISLADORA PVC ELECTRICA ROJA 3M	UN	7	0	7
.CIN500025	CINTA AISLADORA PVC ELECTRICA VERDE 3M	UN	7	2	5
.TEM810102	TEFLON DE 1/2	UN	10	14	0
.TEM810103	TEFLON DE 3/4	UN	10	4	6
.GRA100389	GRASA LIQUIDA SPRAY	UN	7	0	7

.LIM900111	LIMPIA CONTACTO DIELECTRICO	UN	7	0	7
.GAS100375	GAS PROPANO CARTUCHO BENZOMATIC	UN	5	0	5
.BOT500005	BOTELLON AGUA PURIFICADA (RECARGA)	UN	15	28	0
.BOM600000	BOLSA BASURA 140 X 160	UN	20	0	0
.DET150007	DETERGENTE PARA CONDENSADORES QUIK FILL 38 /20 KG	UN	8	5	3
.DET150015	DETERGENTE ROJO FAVORCOOL	UN	8	0	8
.DET150009	DETERGENTE ALKALINO ACTI-KLEAN 1 GALON 3.79 LT	UN	8	10	0
.BUR100101	BROCHA 2	UN	20	12	8
.REG900158	NITROGENO	M3	43	0	43
.CIN100134	CINTA ADHESIVA DE ALUMINIO 51MM X 45MM	UN	10	52	0
.CIN100137	CINTA ADHESIVA DE TELA MULTIUSO NEGRA ANCHO 48 MM X 27,4 M	UN	10	69	0
.TUB100633	APENDICE DE CARGA	UN	15	17	0
.CIN100142	CINTA ADHESIVA AISLANTE TERMICO AEROTAPE	UN	10	32	0
.BRO100100	BROCHA 1 1/2	UN	7	10	0

10. REFERENCIAS

"Cuando tomamos cierto interés en los grandes descubridores y en sus vidas es cuando la ciencia se hace soportable, y sólo cuando rastreamos el desarrollo de las ideas es cuando se hace fascinadora"

James Clerk Maxwell

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of Lean manufacturing and Value stream mapping via simulation: A process sector case study. International Journal of Production Economics, 107(1), 223-236.

Abernathy, W. J., Clark, K. B., & Kantrow, A. M. (1981). The new industrial competition. Harvard Business Review, 59(5), 68-81.

Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for Lean implementation within SMEs. Journal of Manufacturing Technology Management, 17(4), 460-471.

Adler, P. S., & Cole, R. E. (1993). Designed for learning: a tale of two auto plants. Sloan Management Review, 34(3), 85-95.

Åhlström, P. (1998). Sequences in the implementation of Lean production. European Management Journal, 16(3), 327-334.

Allen, R. K. (1997). Lean and mean: workforce 2000 in America. Journal of Workplace Learning, 9(1), 34-42.

Baker, P. (2002). Why is Lean so far off. Works Management, 55(10), 26.

Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. Journal of Manufacturing Technology Management, 17(1), 56-72.

Campbell, D. T., Stanley, J. C., & Gage, N. L. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research: Houghton Mifflin Boston.

Conner, G. (2009). Lean manufacturing for the small shop: SME.

Conti, R., Angelis, J., Cooper, C., Faragher, B., & Gill, C. (2006). The effects of Lean production on worker job stress. International Journal of Operations & Production Management, 26(9), 1013-1038.

Corboy, M., & O'Corrbui, D. (1999). The seven deadly sins of strategy. MANAGEMENT ACCOUNTING-LONDON-, 77, 29-31.

De Souza, L. B. (2009). Trends and approaches in Lean healthcare. Leadership in Health Services, 22(2), 121-139.

Detty, R. B., & Yingling, J. C. (2000). Quantifying benefits of conversion to Lean manufacturing with discrete event simulation: a case study. International Journal of Production Research, 38(2), 429-445.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. Academy of management review, 532-550.

Elliott, G. (2001). Achieving Manufacturing Excellence. Industrial Management (May), 2-7.

Ellram, L. M. (1996). The use of the case study method in logistics research. Journal of Business Logistics, 17(2), 93-138.

Emiliani, B. (2009). The Equally Important "Respect for People" Principle.

Emiliani, B., Stec, D. J., Grasso, L., & Stodder, J. (2003). Better thinking, better results: Using the power of Lean as a total business solution: Center for Lean Business Management.

Emiliani, B., & Stec, D. (2004). Using value-stream maps to improve leadership. Leadership & Organization Development Journal, 25(8), 622-645.

Engineering Employer's Federation. (2001). Catch up with Uncle Sam: the EEF final report on US and UK manufacturing productivity. (December), 4-41.

Flyvbjerg, B. (2006). Five misunderstandings about case-study research. Qualitative inquiry, 12(2), 219.

Fujimoto, T. (1999). The evolution of a manufacturing system at Toyota. Oxford University Press, USA.

García-Teruel, P. J., & Martínez-Solano, P. (2007). Effects of working capital management on SME profitability. International Journal of Managerial Finance, 3(2), 164-177.

Gates, M. D. (2004). Lean manufacturing system design and value stream management in a high-mix, low-volume environment. Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management; and, (SM)--Massachusetts Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering; in conjunction with the Leaders for Manufacturing Program at MIT.

Gerring, J. (2004). What is a case study and what is it good for? American Political Science Review, 98(2), 341-354.

Gillham, B. (2000). Case study research methods: Continuum Intl Pub Group.

Goh, A. L. S. (2006). Evolution of industrial policy-making in support of innovation: the case of Singapore. International Journal of innovation and Learning, 3(1), 110-125.

Grewal, C. (2008). An initiative to implement Lean manufacturing using value stream mapping in a small company. International Journal of Manufacturing Technology and Management, 15(3), 404-417.

Hall, R. (2004). Lean and the Toyota production system. Target, 20(3), 22-27.

Hayes, R., Pisano, G., Upton, D., & Wheelwright, S. (2005). Pursuing the competitive edge: Operations, strategy and technology: New York: Wiley.

Hayes, R. H., Wheelwright, S. C., & Clark, K. B. (1988). Dynamic manufacturing: Creating the learning organization.

Hines, P., Francis, M., & Found, P. (2006). Towards Lean product lifecycle management: A framework for new product development. Journal of Manufacturing Technology Management, 17(7), 866-887.

Hines, P., & Lethbridge, S. (2008). New development: Creating a Lean university. Public Money and Management, 28(1), 53-56.

HMSO (1978). Second Report form the Select Committee on Science and Technology: ‘‘Innovation, Research and Development in Japanese Science-based Industry’’. London.

Holweg, M. (2007). The genealogy of Lean production. Journal of Operations Management, 25(2), 420-437.

Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2008). Factory physics: McGraw-Hill Irwin.

Jones, D. T., & Womack, J. P. (2002). Seeing the whole: mapping the extended value stream: Productivity Press.

Karlsson, C., & Åhlström, P. (1995). Change processes towards Lean production: the role of the remuneration system. International Journal of Operations & Production Management, 15(11), 80-99.

Karlsson, C., & Åhlström, P. (1996). Assessing changes towards Lean production. International Journal of Operations & Production Management, 16(2), 24-41.

Karmarkar, U. S. (1987). Lot sizes, lead times and in-process inventories. Management science, 409-418.

Kessler, W. (1999). Implementing Lean thinking. Inf Knowledge Syst Manage, 1(2).

Klefsjö, B., Wiklund, H., & Edgeman, R. L. (2001). Six Sigma seen as a methodology for total quality management. Measuring Business Excellence, 5(1), 31-35.

Krafcik, J. F. (1986). Learning from NUMMI. IMVP Working paper. Massachusetts Institute of Technology.

Krafcik, J. F. (1988b). Triumph of the Lean production system. Sloan Management Review, 30(1), 41-52.

Kumar, M., Antony, J., Singh, R., Tiwari, M., & Perry, D. (2006). Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. Production Planning and Control, 17(4), 407-423.

Landsbergis, P. A., Cahill, J., & Schnall, P. (1999). The impact of Lean production and related new systems of work organization on worker health. Journal of Occupational Health Psychology, 4(2), 108.

Lasa, I. S., de Castro, R., & Laburu, C. O. (2009). Extent of the use of Lean concepts proposed for a value stream mapping application. Production Planning & Control, 20(1), 82-98.

Lathin, D., & Mitchell, R. (2001). Lean manufacturing. American Society for Quality Journal, 2-9.

Lee, H. L. (2002). Aligning supply chain strategies with product uncertainties. California management review, 44(3), 105-119.

Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. Management science, 546-558.

Liker, J. K. (1997). Becoming Lean: Inside stories of US manufacturers: Productivity Pr.

Little, J. D. C. (1961). A Proof for the Queuing Formula: L= l W. Operations research, 383-387.

Manoochehri, G. (1988). JIT for small manufacturers. Journal small business management.

Mastroianni, R., & Abdelhamid, T. (2003). The challenge: The impetus for change to Lean project delivery.

Mehri, D. (2006). The darker side of Lean: An insider's perspective on the realities of the Toyota Production System. The Academy of Management Perspectives ARCHIVE, 20(2), 21-42.

Miles, M. B. (1979). Qualitative data as an attractive nuisance: The problem of analysis. Administrative science quarterly, 24(4), 590-601.

Monden, Y. (1998). Toyota Production System, An Integrated Approach to Just-In-Time, Norcross, GA: Engineering & Management Press: ISBN 0-412-83930-X.

Needy, K., Norman, B. A., Bidanda, B., Ariyawongrat, P., Tharmmaphornphilas, W., & Warner, R. C. (2002). Assessing human capital: A Lean manufacturing example. ENGINEERING MANAGEMENT JOURNAL-ROLLA-, 14(3), 35-39.

Ohno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production: Productivity Pr.

Pavnaskar, S., Gershenson, J., & Jambekar, A. (2003). Classification scheme for Lean manufacturing tools. International Journal of Production Research, 41(13), 3075-3090.

Piercy, N., & Rich, N. (2009). Lean transformation in the pure service environment: the case of the call service center. International Journal of Operations & Production Management, 29(1), 54-76.

Poppendieck, M. (2007). Lean software development.

Porter, M. E. (1979). How competitive forces shape strategy: Abril.

Portioli Staudacher, A., & Tantardini, M. (2010). Lean Production implementation: a survey in Italy. Direction y Organization (35), 52-60.

Prabhu, V. (1992). Lean Production and the Single European Market. UMIST, Manchester.

Productivity Press. (2002). Pull production for the shop floor. Productivity Press, Development Team.

Ries, E. (2011). The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses: Crown Business.

Rose, A. N. M., Deros, B. M., & Rahman, M. N. A. (2009). A REVIEW ON LEAN MANUFACTURING PRACTICES IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES.

Rother, M., & Harris, R. (2001). Creating continuous flow. The Lean Enterprise Institute, Massachusetts, USA.

Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate Muda. Productivity Press.

Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A., & Deflorin, P. (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at Lean implementation. Business Horizons, 52(1), 79-88.

SCMP (2019). In a first, China has more companies on Fortune Global 500 list than the US Retrieved 03-11-2019, from https://www.scmp.com/business/companies/article/3019632/first-china-has-more-companies-fortune-global-500-list-us.

Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. Journal of Operations Management, 21(2), 129-149.

Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of Lean production. Journal of Operations Management, 25(4), 785-805.

Sheridan, J. (2000). Growing with Lean. Industry Week, 249(16), 32-36.

Sim, K. L., & Rogers, J. W. (2008). Implementing Lean production systems: barriers to change. Management Research News, 32(1), 37-49.

Singh, B., & Sharma, S. (2009). Value stream mapping as a versatile tool for Lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. Measuring Business Excellence, 13(3), 58-68.

Smith, B. (2003). Lean and Six Sigma-a one-two punch. Quality progress, 36(4), 37-41.

Sohal, A. S., & Egglestone, A. (1994). Lean production: experience among Australian organizations. International Journal of Operations & Production Management, 14(11), 35-51.

Soriano-Meier, H., & Forrester, P. L. (2002). A model for evaluating the degree of Leanness of manufacturing firms. Integrated Manufacturing Systems, 13(2), 104-109.

Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. Harvard Business Review, 77, 96-108.

Spear, S. J. (2004). Learning to lead at Toyota. Harvard Business Review, 82(5), 78-91.

Stock, G. N., Greis, N. P., & Kasarda, J. D. (1999). Logistics, strategy and structure: a conceptual framework. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 29(4), 224-239.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. The International Journal of Production Research, 15(6), 553-564.

Timco, D. (2001). LEARNING TO THINK LEAN: LEAN MANUFACTURING:'BEEN THERE, DONE THAT'. Automotive Production, 113(5), 80.

Timme, S. G., & Williams-Timme, C. (2003). The Real Cost of Holding Inventory. SUPPLY CHAIN MANAGEMENT REVIEW, V. 7, NO. 4 (JULY/AUG. 2003), P. 30-37: ILL.

Turfa, P. (2003). Wise potato chips factory embraces Lean philosophy. Tribune Business News, 9, 1-4.

Vasilash, G. (2000). How Toyota does it. Automotive Manufacturing and Production, 2000, 1- 8.

Vinodh, S., Arvind, K., & Somanaathan, M. (2010). Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organization. Journal of Manufacturing Technology Management, 21(7), 888-900.

Voss, C. (1995). Operations management "from Taylor to Toyota" and beyond? British Journal of Management, 6, S17-S29.

White, R. E., Pearson, J. N., & Wilson, J. R. (1999). JIT manufacturing: a survey of implementations in small and large US manufacturers. Management science, 1-15.

Wilson, R., & Delaney, R. (2001). 12th Annual State of Logistics Report: National Press Club, Washington, DC.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation: Simon and Schuster.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2005). Lean consumption. Harvard Business Review, 83(3), 58-68.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile: Scribner.

Worley, J., & Doolen, T. (2006). The role of communication and management support in a Lean manufacturing implementation. Management Decision, 44(2), 228-245.

Yin, R. K. (1981). The case study crisis: Some answers. Administrative science quarterly, 26(1), 58-65.

Zimmer, L. (2000). Get Lean to boost profits. Forming and fabricating, 7(2), 36-44.