

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## Escuela de Posgrado



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### **“SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE PRODUCCIÓN EN EMPRESAS PRIVADAS DE LIMA METROPOLITANA: UN ESTUDIO DE CASOS”**

Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Industrial  
con mención en Gestión de Operaciones

**Autor:**

Paul Joel Reyes Medina

**Asesor:**

Dr. Miguel Domingo González Álvarez

**Miembros del Jurado:**

Dr. César Augusto Stoll Quevedo

Dr. Miguel Domingo González Álvarez

Dr. Jorge Vargas Florez

LIMA – PERÚ

2015

## Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de investigación se desarrolla bajo la metodología del Estudio de Casos, la teoría sobre los principales sistemas de producción y la importancia de las empresas privadas de Lima Metropolitana como principal fuente de empleo y eje del crecimiento de la economía en el país. Esta teoría luego es utilizada para conocer y analizar la gestión de los sistemas productivos de las empresas privadas y contrastarlas con las principales teorías de los sistemas de producción.

El estudio inicia con el primer capítulo donde se mencionan el objetivo general y los objetivos específicos, la justificación, alcance y limitaciones de la investigación. En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico donde se define el Estudio de Casos como una metodología de investigación, se revisan los conceptos generales de la administración de operaciones, los conceptos de los principales sistemas de producción como: Teoría de Restricciones (TOC), Lean Manufacturing, y Six Sigma; y finalmente se estudia la importancia de las empresas privadas dentro de la economía del país. En el tercer capítulo se presenta la metodología empleada, el caso y su contexto, diseño, las empresas participantes, el trabajo de campo (recolección de información), y procedimientos utilizados. En el cuarto capítulo se presentan los resultados de la investigación. Finalmente en el quinto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación realizado.

Entre las principales conclusiones se puede destacar la importancia que tienen las empresas privadas en la generación de empleo en el país, y su aporte al crecimiento económico. El avance tecnológico, la formalización, los incentivos de parte del gobierno, la profesionalización y capacitación del personal, la mejora continua de los procesos; son aspectos muy importantes a tomar en cuenta para asegurar un crecimiento y desarrollo sostenible de las empresas, que permitan obtener altos niveles de productividad y como consecuencia de ello obtengan resultados positivos y alcancen un nivel de competitividad que les permita hacer frente a los cambios y desafíos de un mercado cada vez más globalizado.

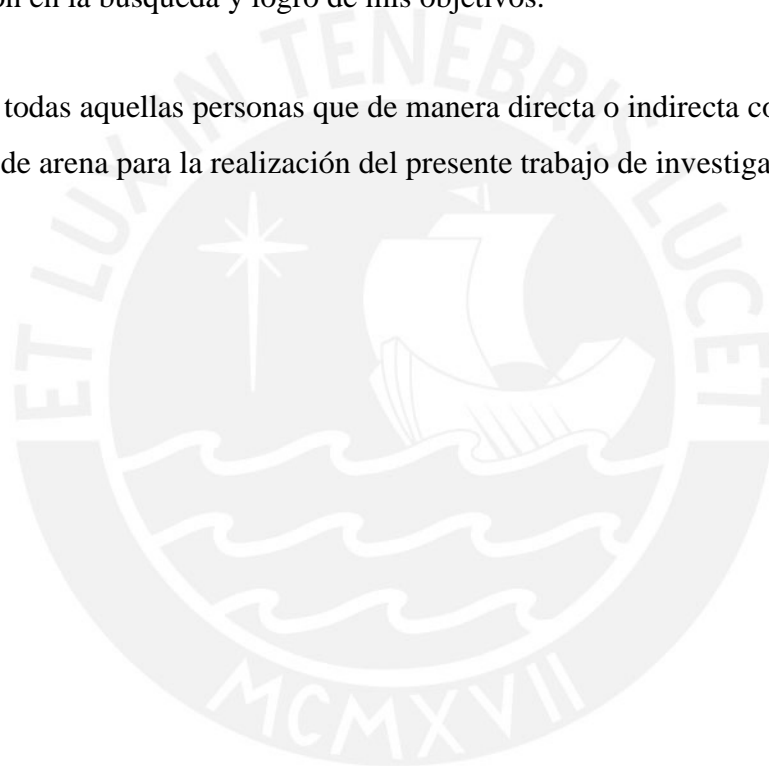
## Dedicatoria

A mi señora madre Ana María, que con su fortaleza y apoyo incondicional me motivan en cada momento y en cada logro de mi vida.

A Magali, por su amor, comprensión y paciencia durante esta etapa. A mi hermosa hija Anamaría Valentina que es la razón de mi vida y constante motivación para poder cumplir con éxito este nuevo reto.

A mis hermanos Juan Carlos y Jimmy José, que en todo momento siempre me alentaron en la búsqueda y logro de mis objetivos.

Y a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta colaboraron con un granito de arena para la realización del presente trabajo de investigación.



## Agradecimientos

Al Profesor Dr. Ing. Domingo González por su asesoramiento, valioso apoyo y guía para la realización del presente trabajo de investigación.

A todos los profesores de la Maestría de la Facultad de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, que con sus conocimientos, experiencias y enseñanzas me impartieron las bases necesarias para la elaboración del presente estudio de investigación.

A mis compañeros de la promoción, con quienes intercambié experiencias, esfuerzo y entusiasmo a lo largo de cada uno de los cursos de la maestría.

Un especial agradecimiento a los señores Alfredo Echevarría, Carlos Otiniano y Ricardo Escobedo, gerentes de las empresas pertenecientes al estrato empresarial MIPYME y socios de APYMI de Carabayllo (Asociación de Pequeños y Medianos Industriales). Que con su apoyo desinteresado y acceso a cada una de sus empresas, se pudo recabar información valiosa para elaboración del presente trabajo de investigación.

## Tabla de Contenidos

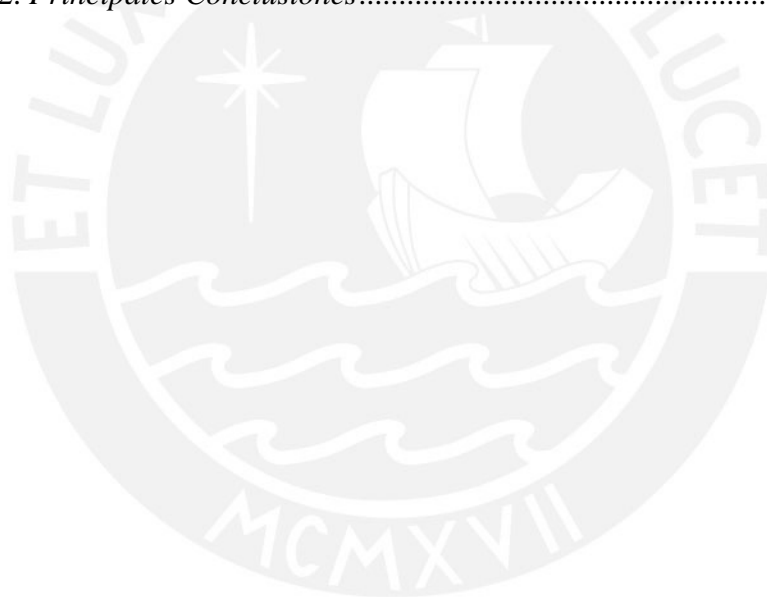
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>ix</b>
<b>Capítulo I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1.    Objetivo General .....	2
1.2.    Objetivos Específicos .....	2
1.3.    Justificación.....	3
1.4.    Alcances .....	3
1.5.    Limitaciones .....	3
<b>Capítulo II. Marco Teórico .....</b>	<b>4</b>
2.1.    El Estudio de Casos como un método de investigación.....	4
2.1.1.    Consideraciones Generales .....	5
2.1.2.    El Diseño de los Estudios de Caso .....	7
2.1.3.    El Protocolo del Estudio de Casos .....	15
2.1.4.    Recogida de Información en el Estudio de Casos.....	17
2.1.5.    El Análisis del Estudio de Casos.....	19
2.1.6.    El Reporte de los Estudios de Caso.....	22
2.2.    Conceptos Generales en la Administración de Operaciones.....	25
2.2.1.    El Ciclo Operativo de la empresa.....	25
2.2.2.    El Diagrama Básico Entrada – Proceso – Salida .....	26
2.2.3.    Clasificación de las Empresas por sus Operaciones .....	26
2.2.4.    La Matriz Producto – Proceso.....	27
2.3.    Teoría de Restricciones ( <i>TOC</i> ).....	30
2.3.1.    Principios de la Teoría de Restricciones ( <i>TOC</i> ).....	31
2.3.2.    Programación de la Producción bajo el enfoque <i>TOC</i> .....	32
2.3.3.    Proceso de Pensamiento .....	35
2.3.4.    Medición de la Teoría de Restricciones ( <i>TOC</i> ) .....	40
2.4.    Lean Manufacturing .....	42
2.4.1.    Principios y Herramientas del <i>Lean Manufacturing</i> .....	43
2.5.    Seis Sigma ( $6\sigma$ ) .....	57
2.5.1.    Base Estadística de <i>Six Sigma</i> .....	58
2.5.2.    Metodología <i>Six Sigma</i> .....	64
2.5.3.    Herramientas Analíticas para <i>Six Sigma</i> .....	65

2.6.	Comparación de los Sistemas <i>Lean</i> , <i>Six Sigma</i> y <i>TOC</i> .....	66
2.7.	El Modelo combinando los sistemas <i>TOC</i> , <i>Lean</i> y <i>Six Sigma (TLS)</i> .....	71
2.7.1.	¿Cómo funciona el modelo <i>TLS</i> ?.....	72
2.7.2.	¿Qué hace único al modelo <i>TLS</i> ?.....	73
2.7.3.	Secuencia de eventos del modelo <i>TLS</i> .....	74
2.7.4.	Herramientas y técnicas del modelo <i>TLS</i> .....	75
2.7.5.	Desarrollo de los siete pasos del modelo <i>TLS</i> .....	77
<b>Capítulo III. Metodología de la Investigación .....</b>		<b>84</b>
3.1.	Introducción .....	84
3.2.	Diseño de la Investigación .....	84
3.2.1.	Componente 1: Preguntas de Estudio .....	84
3.2.2.	Componente 2: Proposiciones del Estudio.....	85
3.2.3.	Componente 3: Unidad de Análisis .....	85
3.2.4.	Componente 4: La lógica que une los datos a las proposiciones .....	85
3.2.5.	Componente 5: Criterio para interpretar los resultados .....	85
3.2.6.	Componente 6: Tipo de diseño para el Estudio de Caso.....	86
3.3.	Protocolo de la Investigación .....	86
3.3.1.	Visión general del Caso de Estudio .....	86
3.3.2.	Procedimiento de campo .....	87
3.3.3.	Preguntas del Caso de Estudio .....	87
3.4.	Recolección de Datos .....	87
3.5.	Análisis de Datos.....	88
3.6.	Reporte del Estudio de Caso .....	88
<b>Capítulo IV. Resultados del trabajo de campo.....</b>		<b>89</b>
4.1.	Descripción de las MIPYME .....	89
4.1.1.	Definición de las MIPYME .....	89
4.1.2.	Importancia de las MIPYME .....	90
4.2.	Descripción General de las Empresas materia de estudio.....	91
4.2.1.	Empresa de envasado de GLP.....	91
4.2.2.	Empresa de servicios gráficos.....	91
4.2.3.	Empresa de fabricación de lavadoras.....	91
4.3.	Caso 1: Empresa de envasado de GLP.....	92
4.3.1.	Descripción General de la Empresa .....	92
4.3.2.	Análisis de Clientes y Proveedores .....	92

4.3.3.	Prioridades Competitivas .....	93
4.3.4.	Descripción del Sistema Productivo .....	94
4.3.5.	Descripción y Análisis de la Gestión de la Producción .....	101
4.4.	Caso 2: Empresa de servicios gráficos .....	105
4.4.1.	Descripción General de la empresa .....	105
4.4.2.	Análisis de Clientes y Proveedores .....	105
4.4.3.	Prioridades Competitivas .....	105
4.4.4.	Descripción del Sistema Productivo .....	106
4.4.5.	Descripción y Análisis de la Gestión de Producción .....	113
4.5.	Caso 3: Empresa de fabricación de lavadoras .....	117
4.5.1.	Descripción General de la empresa .....	117
4.5.2.	Análisis de Clientes y Proveedores .....	117
4.5.3.	Prioridades Competitivas .....	117
4.5.4.	Descripción del Sistema Productivo .....	118
4.5.5.	Descripción y Análisis de la Gestión de Producción .....	125
4.6.	Análisis Comparativo de las Entrevistas .....	128
4.7.	Principales Conclusiones .....	132
4.8.	Desarrollo de Implicaciones .....	135
	<b>Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>136</b>
5.1.	Conclusiones Finales .....	136
5.2.	Recomendaciones Finales .....	138
	<b>Referencias .....</b>	<b>139</b>
	<b>Apéndice A: Cuestionario .....</b>	<b>143</b>
	<b>Apéndice B: Principales Indicadores Macroeconómicos .....</b>	<b>145</b>
	<b>Apéndice C: Principales Indicadores MIPYME .....</b>	<b>147</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Situaciones relevantes para diferentes métodos de investigación</i> .....	6
Tabla 2. <i>Características de la inferencia inductiva y deductiva</i> .....	8
Tabla 3. <i>Tácticas de los estudios de caso para cuatro pruebas de diseño</i> .....	11
Tabla 4. <i>Elección del número y tipo de casos</i> .....	12
Tabla 5. <i>Estructura y aplicación a diferentes propósitos de los Estudios de Caso</i> ...	23
Tabla 6. <i>Tipos de Desperdicio “Muda”</i> .....	47
Tabla 7. <i>Defectos por millón de oportunidades (DPMO)</i> .....	59
Tabla 8. <i>Relación entre Capacidad de Proceso (Cp), DPMO, y nivel Six Sigma</i> .....	63
Tabla 9. <i>Comparación del Six Sigma, Lean y TOC</i> .....	67
Tabla 10. <i>Contrabalanceo de las Metodologías: Lean, TOC y Six Sigma</i> .....	68
Tabla 11. <i>Resultado de las Entrevistas</i> .....	129
Tabla 12. <i>Principales Conclusiones</i> .....	132



## Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Tipos básicos de diseño para el Estudio de Casos .....	13
<i>Figura 2.</i> Metodología de los Estudios de Caso .....	14
<i>Figura 3.</i> Convergencia y no convergencia de múltiples fuentes de información.....	18
<i>Figura 4.</i> Mantener una cadena de evidencia .....	19
<i>Figura 5.</i> El Ciclo Operativo de la empresa .....	26
<i>Figura 6.</i> Diagrama básico entrada - proceso – salida.....	27
<i>Figura 7.</i> Clasificación de las empresas según sus operaciones.....	27
<i>Figura 8.</i> Matriz Producto - Proceso.....	30
<i>Figura 9.</i> Ciclo de mejora de la Teoría de las Restricciones (TOC).....	33
<i>Figura 10.</i> Programación con DBR .....	35
<i>Figura 11.</i> El Árbol de Realidad Actual (CRT).....	37
<i>Figura 12.</i> El Diagrama de Resolución de Conflictos (CRD) .....	38
<i>Figura 13.</i> El Árbol de Realidad Futura (FRT) .....	38
<i>Figura 14.</i> El Árbol de Pre requisitos (PRT) .....	39
<i>Figura 15.</i> El Árbol de Transición (TT) .....	39
<i>Figura 16.</i> Pasos para trazar un mapa de Flujo de Valor.....	45
<i>Figura 17.</i> Íconos para representar el Mapa de flujo de valor (VSM).....	46
<i>Figura 18.</i> Matriz de Flujo de Procesos.....	49
<i>Figura 19.</i> Mecanismo del Sistema Kanban .....	53
<i>Figura 20.</i> El Sistema de Producción Toyota .....	56
<i>Figura 21.</i> Evolución del Six Sigma.....	58
<i>Figura 22.</i> Tasa de defectos (DPMO) versus Nivel de proceso sigma.....	59
<i>Figura 23.</i> Proceso Six Sigma con desplazamiento de $1.5\sigma$ .....	60
<i>Figura 24.</i> El proceso es capaz .....	61
<i>Figura 25.</i> El proceso no es capaz .....	62
<i>Figura 26.</i> El Ciclo DMAIC .....	65
<i>Figura 27.</i> Herramientas para Six Sigma.....	66
<i>Figura 28.</i> Porcentaje de contribución de ahorros realizados.....	72
<i>Figura 29.</i> El Modelo combinado: TOC, Lean y Six Sigma (TLS) .....	73
<i>Figura 30.</i> TLS un proceso de siete pasos .....	74
<i>Figura 31.</i> Herramientas y técnicas del modelo TLS .....	76
<i>Figura 32.</i> Paso 1: movilizar y enfocar.....	78

<i>Figura 33.</i> Paso 2: explotar la restricción .....	79
<i>Figura 34.</i> Paso 3: eliminar las fuentes de residuos.....	80
<i>Figura 35.</i> Paso 4: controlar la variabilidad de los procesos .....	81
<i>Figura 36.</i> Paso 5: controlar las actividades de soporte.....	81
<i>Figura 37.</i> Paso 6: eliminar la restricción y estabilizar .....	82
<i>Figura 38.</i> Paso 7, reevaluar el sistema .....	83
<i>Figura 39.</i> Metodología de los Estudios de Caso .....	84
<i>Figura 40.</i> Matriz Producto – Proceso del Envasado de GLP .....	95
<i>Figura 41.</i> Diagrama de Operaciones del Proceso de Envasado de GLP .....	96
<i>Figura 42.</i> Distribución de Planta de la empresa envasadora de GLP.....	99
<i>Figura 43.</i> Organigrama de la empresa envasadora de GLP .....	100
<i>Figura 44.</i> Diagrama de Flujo del MRP de la empresa envasadora de GLP .....	103
<i>Figura 45.</i> Matriz Producto – Proceso de Servicios Gráficos .....	107
<i>Figura 46.</i> Diagrama de Operaciones del Proceso de servicios de pre prensa .....	109
<i>Figura 47.</i> Organigrama de la empresa de servicios de pre prensa .....	111
<i>Figura 48.</i> Distribución de Planta de la empresa de servicios de pre prensa.....	112
<i>Figura 49.</i> Diagrama de Flujo del MRP de la empresa de servicios de pre prensa. .	115
<i>Figura 50.</i> Matriz Producto – Proceso de fábrica de lavadoras .....	120
<i>Figura 51.</i> Diagrama de Operaciones del Proceso de fábrica de lavadoras.....	122
<i>Figura 52.</i> Organigrama de la empresa de producción de lavadoras.....	123
<i>Figura 53.</i> Distribución de Planta de la empresa de producción de lavadoras .....	124
<i>Figura 54.</i> Diagrama de Flujo del MRP de la fabricación de lavadoras.....	127

## Capítulo I. Introducción

En el ámbito de la administración de operaciones, la investigación basada en Estudio de Casos, cada vez está tomando una mayor importancia, especialmente es útil en el desarrollo de una nueva teoría propuesta a las teorías existentes para resolver algún problema en particular. Yin (2009) mencionó que el Estudio de Casos es un método preferido cuando las preguntas “Cómo” y “Por qué” son planteadas, el investigador tiene poco control sobre los eventos, y la atención se centra en un fenómeno contemporáneo dentro del contexto de la vida real. Otro concepto interesante propuesto por Blatter (2008, citado por Hernández et al., 2010) mencionó que el Estudio de Casos es una aproximación investigativa en la cual una o varias instancias de un fenómeno son estudiadas a profundidad. Por su parte Voss et al. (2002) mencionó que a través de la ejecución de investigaciones de campo y la exposición a problemas reales, las ideas creativas de las personas en todos los niveles de las organizaciones, los diversas presentaciones de los casos, y la investigación individual, se beneficiarán con el proceso de llevar a cabo la investigación. Existen aportes importantes de investigación basados en los Estudios de Caso en el ámbito de la administración de operaciones, y se tiene como por ejemplo el aporte realizado por Meredith y Vineyard (1993), mencionado por Voss et al. (2002), cuyo propósito fue el “refinamiento de teoría”, con la pregunta de investigación: ¿Cómo podemos entender mejor el papel de la tecnología de fabricación en la estrategia de negocio de la empresa?. Otro aporte importante, fue el realizado por McLachlin (1997), mencionado por Voss et al. (2002), cuya investigación se basó en la “validación de teoría” con la pregunta de investigación ¿Cuáles iniciativas de investigación son necesarias para la implementación del JIT?. Ambos aportes de investigación son un fiel reflejo de los avances, y la importancia que cada vez está tomando esta interesante metodología de investigación basada en Estudio de Casos, en el ámbito de la administración de operaciones.

El presente trabajo de investigación se orienta a generar conocimiento en el área de los sistemas productivos de las empresas privadas, y utiliza la metodología de la investigación, bajo el enfoque del Estudio de Casos en la gestión de operaciones (Case Research). Es de nuestro interés analizar las principales características de los sistemas integrados de producción de las empresas privadas, comparándolos con los sistemas

de producción estructurados tales como: Teoría de las Restricciones (*TOC*), *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, *MRP II*, entre otros.

Para la realización del presente trabajo de investigación, las principales técnicas y teorías, que abordan este interesante tema, han sido producto de la revisión de artículos científicos, libros especializados sobre los principales Sistemas de Producción, y la metodología de los Estudios de Caso en el campo de la gestión de operaciones; con la finalidad de determinar el tipo de relación que existe entre la teoría y la práctica, y conocer cómo y por qué es que gestionan sus operaciones las empresas privadas.

La investigación aborda el Estudio de Casos de tres empresas privadas ubicadas en Lima Metropolitana, y con diferentes giros de negocio a fin conocer los estilos de gestión de sus sistemas productivos, encontrar algunas similitudes o particularidades, realizar un análisis comparativo, y generar un marco de referencia que permita identificar el o los sistemas de producción más utilizados por las empresas privadas en función a sus necesidades y realidades de cada una de ellas.

### **1.1. Objetivo General**

Conocer cómo las empresas privadas gestionan sus procesos productivos y porqué lo hacen de esa manera; así como, establecer un marco de referencia que les permita articular con los sistemas de producción estructurados como: Teoría de Restricciones (*TOC*), *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, entre otros; para que de alguna manera sus operaciones sean más eficientes y mejoren sus niveles de competitividad.

### **1.2. Objetivos Específicos**

A continuación, se detallan los objetivos específicos del presente plan de tesis:

- Investigar cómo las empresas privadas gestionan sus operaciones productivas y porqué lo hacen de esa manera.
- Realizar un análisis comparativo de los diferentes sistemas de producción utilizados por las empresas privadas, con la finalidad de establecer la tendencia y/o uso de un sistema, o sistemas de producción en particular.
- Elaborar un marco de referencia que permita seleccionar el o los sistemas de producción más adecuados en función a las necesidades de las empresas privadas.

- Exponer y definir el Estudio de Caso, como técnica de investigación utilizada para el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Exponer los principios, herramientas y métodos de los sistemas de producción: TOC, Lean Manufacturing y Six Sigma.

### 1.3. Justificación

Hoy en día las empresas industriales están en la búsqueda constante de nuevos sistemas y formas de trabajo, que les permitan ser más eficientes en sus operaciones, mejorar la calidad de sus productos y servicios, satisfacer las necesidades de sus clientes, generar mayores ingresos para obtener mayores utilidades, y ser más rentables y competitivos en un entorno cada vez más globalizado.

En tal sentido, este tema se ha considerado interesante por la gran importancia que hoy en día las empresas privadas representan sobre nuestra economía, y constituyen la principal fuente de empleo en el Perú con el 68.6% de la PEA ocupada. Por tanto, se pretende investigar cómo es que las empresas privadas gestionan sus operaciones productivas, tomando como marco de referencia los sistemas de producción estructurados, tales como: *TOC*, *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, *MRP II*, entre otros.

### 1.4. Alcances

Dentro de los principales alcances se pueden mencionar los siguientes:

- El estudio de investigación incluye una matriz de resultados de los diversos factores críticos encontrados en cada uno de los sistemas de producción de las empresas.
- Las empresas materia de estudio están ubicadas dentro de Lima Metropolitana y son privadas.

### 1.5. Limitaciones

Las principales limitaciones que se tuvo para el desarrollo de la presenta investigación fueron:

- El hermetismo que tienen las empresas privadas al momento de proporcionar información y al dar a conocer sus sistemas de producción.
- Los resultados servirán como guía de información, y no se pretende alterar las actuales prácticas realizadas en el ámbito de la gestión de sus operaciones.

## Capítulo II. Marco Teórico

En este capítulo se abordarán los principales conceptos del Estudio de Casos como un método de investigación, los conceptos generales en la administración de operaciones, y los sistemas integrados de gestión de la producción como: *TOC*, *Lean Manufacturing*, y *Six Sigma*.

### 2.1. El Estudio de Casos como un método de investigación

El presente trabajo de tesis aborda la metodología de la investigación basada en casos, conocida en inglés como *Case Study Research* o *Case research in operations management*. En tal sentido, se ha realizado una revisión de los principales conceptos, tipos y etapas, que involucra este interesante tema.

Según Yin (2009) mencionó que el Estudio de Casos es el método preferido cuando (a) las preguntas de tipo “Cómo” y “Por qué” están siendo planteadas, (b) el investigador tiene poco control sobre los eventos, y (c) la atención se centra en un fenómeno contemporáneo dentro del contexto de la vida real. Por su parte Blatter (2008, citado por Hernández et al., 2010) conceptuó al Estudio de Casos como una aproximación investigativa en la cual una o unas cuantas instancias de un fenómeno son estudiadas en profundidad. También es considerada como una investigación que mediante los procesos cuantitativo, cualitativo y/o mixto; se analiza profundamente una unidad integral para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar teoría (Hernández et al., 2010). Finalmente, la *Harvard Business School* lo considera un método y lo utiliza desde 1908 para evaluar unidades organizacionales.

Yin (2009) definió que un Estudio de Casos es una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo a profundidad y dentro su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre fenómeno y contexto no son claramente evidentes. Otro importante aporte de Castro (2010) indicó que el Estudio de Casos ofrece importantes resultados e información que no puede ser encontrada por medio de los métodos cuantitativos y que es muy valiosa para la toma de decisiones en las empresas.

### 2.1.1. Consideraciones Generales

En una primera aproximación Carrasco (2007) mencionó que Investigar del latín *investigare* deriva etimológicamente de los términos *in* (en, hacia) y *vestigium* (huella, pista). Por tanto, el significado sería “hacia la pista” o “seguir la pista”. Por su parte Hernández, Fernández, y Baptista (2010) mencionaron que la investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno.

#### A. Propósitos del Estudio de Casos

El Estudio de Casos puede utilizarse para diferentes propósitos de investigación tal como se refiere líneas abajo.

**Exploración.** En las etapas iniciales de algunos programas de investigación, la exploración es necesaria para desarrollar las ideas y las preguntas de investigación. Algunas tesis doctorales empiezan con uno o más estudios de caso para generar una lista de preguntas de investigación que vale la pena seguir adelante (Voss, Tsikriksis, & Frohlich, 2002).

**Descripción.** El Estudio de Casos también se usa con fines descriptivos, tanto del contexto en el que los hechos estudiados se producen como del fenómeno en cuestión que estamos analizando (Carrasco, 2007). Así mismo, Castro (2010) indicó que el objetivo del propósito descriptivo es analizar cómo ocurre un fenómeno organizativo dentro de su contexto real.

**Desarrollo de nuevas teorías (Theory building).** Un área en particular donde el Estudio de Casos es fuerte, es en el desarrollo de nuevas teorías (Van De Ven, 1989, citado por Voss et al., 2002). Por su parte Carrasco (2007) mencionó que el Estudio de Casos es un método basado en inferencias de naturaleza inductiva – de lo particular a lo general –, y que varios autores coinciden en señalar la capacidad de generar nuevas teorías como una de sus fortalezas.

**Contraste o validación de teorías (Theory testing).** A pesar de su limitado uso para la validación de teorías, la investigación del Estudio de Casos ha sido usada en el campo de la administración de operaciones con el fin de probar cuestiones

complicadas tales como implementación de estrategias (Voss et al., 2002). Es habitual encontrar el Estudio de Casos combinado con encuestas o entrevistas con el fin de conseguir una mayor triangulación. Mediante este término se indica la combinación de diferentes métodos, enfoques y herramientas para estudiar el mismo fenómeno, con el fin de acercarse a una misma realidad desde múltiples puntos de vista y evitar compartir las mismas debilidades en el proceso investigador (Carrasco, 2007).

**Extensión o refinamiento de teorías.** El Estudio de Casos también puede ser utilizado como un seguimiento a la investigación basada en encuestas en un intento de examinar más profundamente y validar los resultados empíricos previos; así mismo la administración de operaciones es un campo muy dinámico en el cual nuevas prácticas están continuamente emergiendo (Voss et al., 2002).

Yin (2009) comparó al Estudio de Casos con otros diseños de investigación, en términos de preguntas de investigación y control de eventos conductuales. Los que consisten (a) del tipo de pregunta de investigación planteada, (b) luego, el grado de control que un investigador tiene sobre los acontecimientos reales de conducta, y (c) el grado de enfoque contemporáneo en oposición a acontecimientos históricos. En la Tabla 1, se presentan las situaciones relevantes para diferentes métodos de investigación.

Tabla 1 Situaciones relevantes para diferentes métodos de investigación

Método	Forma de pregunta de investigación	¿Requiere control de eventos Conductuales?	¿Se enfoca sobre eventos Contemporáneos?
Experimento	¿Cómo?, ¿Por qué?	Sí	Sí
Encuesta (survey)	¿Quién?, ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuánto? ¿Cuánto cuesta?	No	Sí
Análisis de archivos	¿Quién?, ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuánto? ¿Cuánto cuesta?	No	En ocasiones sí, en ocasiones no
Historia	¿Cómo?, ¿Por qué?	No	No
Estudios de caso	¿Cómo?, ¿Por qué?	No	Sí

*Nota.* Adaptado de Yin (2009)

## **B. Una definición formal de la Investigación Científica**

La Investigación Científica se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno; es dinámica, cambiante y evolutiva. Se puede manifestar de tres formas: cuantitativa, cualitativa y mixta. Esta última implica combinar las dos primeras. Cada una es importante, valiosa y respetable por igual (Hernández et al., 2010).

## **C. Tipos de razonamiento: Inducción y Deducción**

Mediante un movimiento de la razón de lógica ascendente, la inducción va de lo particular a lo general y consiste en la generalización de una observación, razonamiento o conocimiento establecido a partir de casos particulares. La inducción tiene una gran ventaja de impulsar al investigador a ponerse en contacto directo con la realidad a estudiar, permitiendo un conocimiento profundo de la misma y favoreciendo en mayor medida la creatividad y la generación de conocimiento nuevo (Carrasco, 2007).

En la deducción en movimiento de la razón es descendente y partiendo de enunciados más generales y de mayor nivel de abstracción se deducen conclusiones más cercanas a la realidad. Por tanto, el razonamiento deductivo es impecable desde el punto de vista lógico: si las premisas son verdaderas y el razonamiento deductivo es correcto, la conclusión obtenida por deducción sólo puede ser verdadera (Carrasco, 2007). En la Tabla 2, se presentan las principales características del razonamiento inductivo y deductivo.

### **2.1.2. El Diseño de los Estudios de Caso**

Un diseño de investigación es la lógica que vincula los datos que deben recogerse (y las conclusiones que se pueden extraer) a las preguntas iniciales del estudio. Todo estudio empírico tiene un implícito, si no explícito, diseño de investigación. Articulando teoría sobre lo que se está estudiando y lo que se debe aprender ayuda a poner en práctica los diseños del Estudio de Casos y hacerlos más explícitos (Yin, 2009).

Tabla 2  
*Características de la inferencia inductiva y deductiva*

<b>Inducción</b>	<b>Deducción</b>
De lo particular a lo general	De lo general a lo particular
Razonamiento ascendente	Razonamiento descendente
Parte del contacto directo con la realidad	Parte de la abstracción
Resultados solo probables desde el punto de vista lógico	Resultados concluyentes desde el punto de vista lógico
Ciencias experimentales	Matemáticas
Favorece la creación de conocimiento nuevo	Las conclusiones se derivan necesariamente de las premisas de partida
Dificultad: ¿cómo reducir y controlar el riesgo del salto a conclusiones erróneas?	Dificultad: ¿cómo garantizar la validez de las premisas de partida?

*Nota.* Adaptado de Carrasco (2007)

### A. Componentes de los Diseños de Investigación

Para el Estudio de Casos, cinco componentes de un diseño de investigación son especialmente importantes (Yin, 2009).

- Las preguntas de estudio.
- Sus proposiciones, si lo hay.
- Su unidad de análisis.
- La lógica que une los datos a las proposiciones.
- El criterio para interpretar los resultados.

**Las Preguntas de estudio.** Este primer componente proporciona una importante pista sobre el método de investigación más relevante para ser utilizado. El método del Estudio de Casos es más probable que sea apropiado para las preguntas “¿Cómo?”, y “¿Por qué?”; por lo que la tarea inicial es aclarar con precisión la naturaleza de las preguntas al respecto.

**Sus proposiciones, si los hay.** Cada proposición dirige la atención a algo que debe ser examinado dentro del alcance del estudio. Las preguntas “¿Cómo?”, y “¿Por qué?”, capturan lo que está realmente interesado en responder, que lleva al Estudio de Casos

como el método apropiado en primer lugar. Sin embargo, las preguntas “¿Cómo?”, y “¿Por qué?”, no siempre apuntan a lo que se debe estudiar. Algunos estudios pueden no requerir de proposiciones, cuando son de naturaleza exploratoria.

***Su unidad de análisis.*** Está relacionada al problema fundamental de definir qué es el caso. Por ejemplo, en los estudios de caso clásicos, un caso puede ser un individuo. Castro (2010) señaló que cuando el Estudio de Casos se realiza sobre un objeto concreto, la unidad de análisis está clara porque es el propio objeto investigado. En cambio, en el Estudio de Casos sobre fenómenos o acontecimientos muy complejos, se hace necesario considerar una o varias unidades de análisis que permitan concretar la investigación. Es así como la unidad de análisis, que es lo que constituye el caso a estudiar, puede ser una entidad, un individuo, o un acontecimiento. Finalmente, la unidad de análisis se puede revisar como resultado de algunos descubrimientos durante el estudio.

***La lógica que une los datos a las proposiciones.*** La principal preocupación durante la fase de diseño es estar al tanto de las principales decisiones y cómo podrían adaptarse al Estudio de Casos. De este modo, el diseño de la investigación puede crear una fundación más sólida para el análisis posterior. Las técnicas analíticas que se podrían utilizar son: coincidencia de patrones, construcción de explicaciones, análisis de series de tiempo, modelos lógicos, y síntesis de casos cruzados.

***El criterio para interpretar los resultados.*** Análisis estadístico ofrece algún criterio explícito para tales interpretaciones. Por ejemplo, por convención, se considera un nivel  $p$  de menos de 0.05 para demostrar que las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas. Pero, muchos de los análisis del Estudio de Casos no confían en el uso de las estadísticas, y por lo tanto, pide poner atención a otras formas de pensamiento sobre tales criterios. En el Estudio de Casos, este componente es el que tiene aspectos menos desarrollados. Una mejor e importante estrategia alternativa es identificar y abordar las explicaciones rivales para sus hallazgos. En la etapa de diseño del trabajo, el reto es anticipar y enumerar los rivales importantes, por lo que incluirá información acerca de ellos como parte de su colección de datos.

## B. Criterios para juzgar la calidad de los Diseños de Investigación

Yin (2009) mencionó que para establecer la calidad de cualquier investigación social empírica, se puede considerar cuatro pruebas que son utilizados comúnmente y que se muestran relevantes para evaluar la calidad de la investigación realizada mediante el Estudio de Casos. Es particularmente importante poner atención a la fiabilidad y validez en la investigación de los casos de estudio. Fiabilidad y validez tienen un número de dimensiones (Voss et al., 2002).

**Validez del modelo.** Identificar las medidas operativas correctas para los conceptos que se estudian (Yin, 2009). Si el modelo medido se puede diferenciar de otros modelos, también posee validez discriminante (Leonard-Barton, 1990, citado por Voss et al., 2002). La validez del modelo de puede probar por:

- Observando si las predicciones hechas acerca de las relaciones con otras variables son confirmadas.
- Utilizando múltiples fuentes de evidencia (resultados similares son evidencia de validez convergente).
- Ver si un modelo medido puede ser diferenciado de otro.
- Buscando la triangulación que pueda fortalecer la validez del modelo.

**Validez Interna.** Buscando establecer una relación causal mediante el cual se cree que ciertas condiciones para conducir a otras condiciones, a diferencia de las relaciones ilegítimas. Hace énfasis en el grado en que el estudio se convierte en una investigación objetiva, ya que refleja y explica la verdadera situación analizada.

**Validez Externa.** Definir el dominio en que los resultados de un estudio pueden ser generalizados. Se considera que la validación externa es el punto más débil de la metodología de los estudios de caso, es así como algunos autores afirman que los estudios de caso tienen una base muy débil para la generación de sus resultados, lo que contrasta con otras estrategias de investigación que contienen indicadores estadísticos; sin embargo, esta analogía a las muestras y a los universos no es correcta cuando se habla de los estudios de caso, dado que estas investigaciones se basan en la generalización analítica de un conjunto particular de resultados a una teoría más amplia. **Fiabilidad.** Demostrar que las operaciones de un estudio – tal como el procedimiento de recolección de datos – pueden ser repetidas, con los mismos resultados (Yin, 2009).

En la Tabla 3, se enumeran las pruebas ampliamente utilizadas y las tácticas de los estudios de caso recomendadas, así como una referencia cruzada a la fase de la investigación, cuando la táctica se va a utilizar.

Tabla 3

*Tácticas de los estudios de caso para cuatro pruebas de diseño*

<b>Prueba</b>	<b>Táctica del estudio de caso</b>	<b>Fase de investigación</b>
Validez del modelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar múltiples fuentes de evidencia.</li> <li>• Establecer la cadena de pruebas.</li> <li>• Hacer un informe de cada caso y entregar a los informantes clave para su revisión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de datos</li> <li>• Recopilación de datos</li> <li>• Composición</li> </ul>
Validez interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer coincidencia de patrones.</li> <li>• Hacer construcción de explicaciones.</li> <li>• Abordar explicaciones rivales</li> <li>• Utilizar modelos lógicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de datos</li> <li>• Análisis de datos</li> <li>• Análisis de datos</li> <li>• Análisis de datos</li> </ul>
Validez externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar la teoría en los estudios de caso único.</li> <li>• Utilizar la lógica de replicación en los estudios de caso múltiple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de la investigación</li> </ul>
Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar protocolos para el estudio de caso.</li> <li>• Desarrollar la base de datos del estudio de caso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de datos</li> <li>• Recopilación de datos</li> </ul>

*Nota.* Adaptado de Yin (2009)

### C. Tipología de los Estudios de Caso

Stake (2006, citado por Hernández et al., 2010) identificó una tipología del Estudio de Casos que tiene que ver con el número de unidades o entidades a considerar. (a) Un solo caso o unidad de análisis. (b) Múltiples unidades de análisis o casos (en primera instancia evaluando a cada uno por sí mismo holística e integralmente, para después establecer tendencias y comunalidades). (c) Múltiples casos cruzados o entrelazados (pero con la diferencia con la clase anterior es que desde el inicio se pretende revisar comparativamente los casos entre sí, buscando similitudes y diferencias).

Existe un conjunto amplio de opciones en la realización de investigaciones basadas en Estudio de Casos. Esto incluye el número de casos que se van a utilizar, selección del caso y la muestra. Lo anterior conlleva a realizar un par de preguntas: ¿Cuál es el

número ideal de casos?, y ¿serán los casos longitudinales o retrospectivos? (Voss et al., 2002). En la tabla 4, se resumen los factores que rigen estas elecciones.

Tabla 4.  
*Elección del número y tipo de casos*

<b>Elección</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Un solo caso	Mayor profundidad	Límites a la generalización de conclusiones extraídas. Sesgos tales como calcular mal la representatividad de un solo evento y exagerando datos fácilmente disponibles
Casos múltiples	Aumenta la validez externa, ayuda a proteger contra el sesgo del observador	Más recursos son necesarios, menos profundidad por caso.
Casos retrospectivos	Permite la recolección de datos sobre eventos históricos	Puede ser difícil determinar la causa y el efecto, participantes pueden no recordar eventos importantes.
Casos longitudinales	Supera los problemas de los casos retrospectivos	Ha transcurrido mucho tiempo y por lo tanto puede ser difícil hacerlos.

*Nota.* Adaptado de Voss et al. (2002)

Yin (2009) estableció una clasificación para el Estudio de Casos, tomando en cuenta dos factores: número de casos (simples o múltiples) y la clase de unidad de análisis (holístico o incrustado). El resultado de estos cuatro tipos de diseño para el Estudio de Casos son (Tipo 1) caso único holístico, (Tipo 2) caso único incrustado, (Tipo 3) caso múltiple holístico, y (Tipo 4) caso múltiple incrustado.

En los casos únicos existen dos variantes: el diseño holístico y la unidad de análisis incrustada. En general, el diseño de casos único es eminentemente justificado bajo ciertas condiciones, cuando el caso representa (a) una prueba crítica de la teoría existente, (b) una circunstancia rara o única, (c) un caso representativo o típico, (d) revelatorio, o (e) propósito longitudinal. Un paso importante en el diseño y conducción de casos únicos es la definir la unidad de análisis (o el propio caso). Dentro de los casos únicos pueden ser incorporadas varias unidades de análisis (o subunidades), de modo que una más compleja o diseño incrustado sea desarrollado. Las unidades a menudo pueden añadir oportunidades significativas para el análisis extenso, mejorando los conocimientos sobre el caso individual. El riesgo con unidades

incrustadas es que el investigador pierda de vista la naturaleza entera del caso, al enfocarse en una problemática más local (o departamental por ejemplo). Pero de cualquier manera, siempre debemos tener en mente toda la unidad de análisis, el caso completo (Hernández et al., 2010). En la Figura 1, se representa los tipos básicos de diseño para el Estudio de Casos.

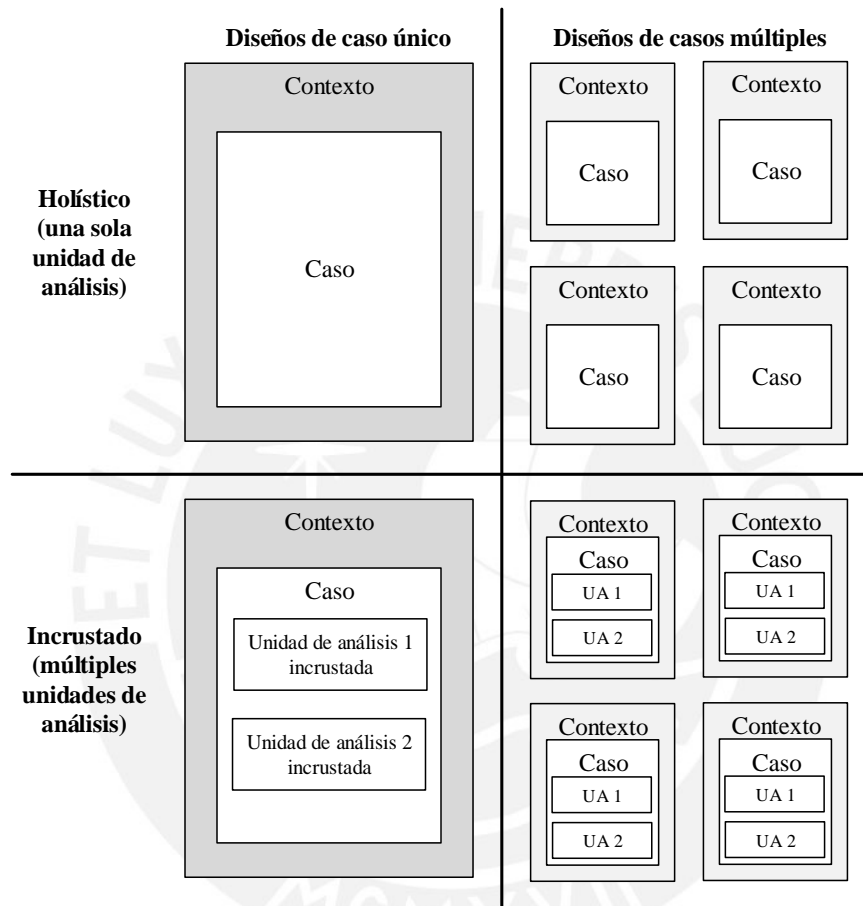


Figura 1. Tipos básicos de diseño para el Estudio de Casos  
Adaptado de Yin (2009)

El diseño de casos múltiples es cada vez más frecuente, pero son más caros y requieren mucho más tiempo para llevarlos a cabo. En estos diseños el proceso para cada paso debe seguir una replicación en los demás, y no seguir una lógica de muestreo, por lo que el investigador debe elegir cada caso cuidadosamente de tal modo que se analice en planteamiento del problema, que una vez más actúa como una guía durante toda la investigación. Los casos deben servir de una manera similar a múltiples experimentos, con resultados similares (una replicación literal) o resultados contrastantes (una replicación teórica). Los casos individuales dentro de un diseño de

estudio de casos múltiples, pueden ser holísticos o incrustados. Cuando un diseño incrustado es utilizado, cada estudio de caso individual puede de hecho incluir la recolección y análisis de datos cuantitativos, incluyendo el uso de encuestas dentro de cada caso. En los casos múltiples si se aplican para obtener casos similares, es importante y necesario desarrollar un marco teórico, el cual nos debe señalar qué variables resulta lógico que se presenten en los casos. Tanto la recolección de los datos como el análisis tienen como uno de sus objetivos explicar consistencias e inconsistencias entre casos. El nivel de análisis es simultáneamente individual (caso por caso) y colectivo. (Yin, 2009, & Hernández et al., 2010).

En referencia a ¿cuántos casos deben incluirse en un diseño múltiple? En primer término, la lógica de muestreo cuantitativo no opera. Entre más casos, es posible desarrollar un mayor sentido de entendimiento en relación con el planteamiento del problema; pero el número de caso, más bien depende de los recursos económicos y el tiempo que disponga el investigador. El ideal es muy parecido al análisis cualitativo, cuando respondamos a las preguntas de investigación. A veces se busca comparar casos extremos como un producto exitoso, en comparación con otro producto que ha fracasado. El interés fundamental de un caso es intrínseco, la comparación con otros es conveniente, pero se encuentra supeditada a lo primero. (Hernández et al., 2010). En la Figura 2, se representa la metodología de los Estudios de Caso.

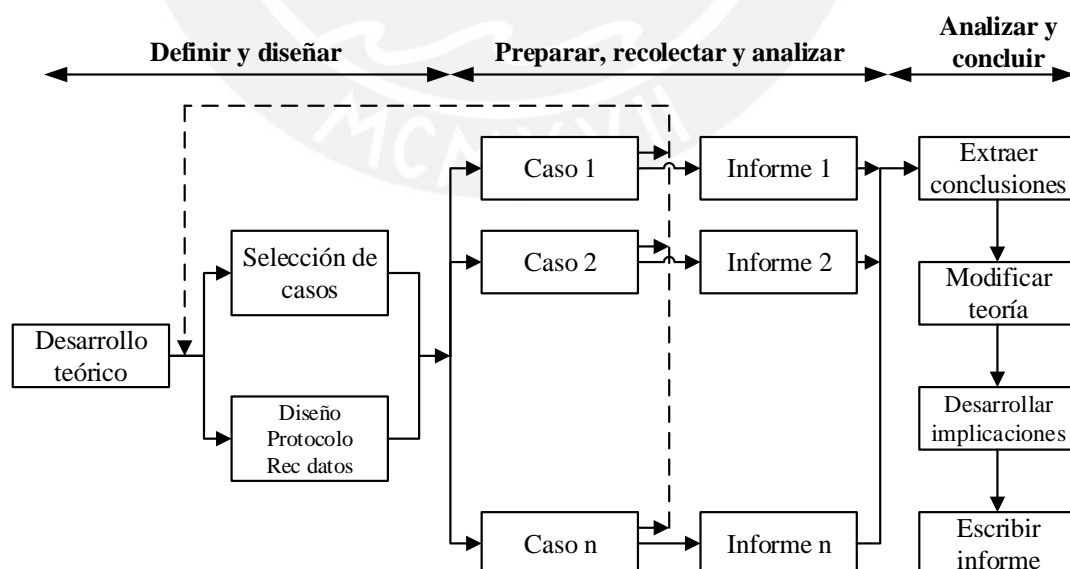


Figura 2. Metodología de los Estudios de Caso  
Adaptado de Yin (2009)

### 2.1.3. El Protocolo del Estudio de Casos

Según Voss et al. (2002) indicó que típicamente la principal fuente de datos en una investigación de Estudio de Casos son las entrevistas estructuradas, frecuentemente respaldadas por entrevistas no estructuradas e interacciones. La fiabilidad y validez de los datos de una investigación de casos será mejorada por un protocolo de investigación bien diseñado. El protocolo es más que un cuestionario o instrumento. El protocolo contiene los instrumentos pero también contiene los procedimientos y reglas generales a seguir en el uso del protocolo. El protocolo está dirigido a una parte completamente diferente a la de un cuestionario. El protocolo es particularmente importante en investigaciones de casos múltiples. (Yin, 2009).

La investigación de Estudio de Casos en administración de operaciones difiere de las investigaciones de Estudio de Casos en el campo social, en donde los investigadores están interesados en analizar los procesos de fabricación, servicios, y los sistemas de la planta. (Hill et al., 1999, citado por Voss et al., 2002). Por tanto, el diseño de investigación en administración de operaciones debería poner atención que procesos y sistemas serán estudiados, los métodos para estudiarlos, y los datos de operación a ser recolectados de ellos. El núcleo del protocolo es el conjunto de preguntas a ser utilizadas en las entrevistas. El protocolo sirve como un aviso para la entrevista y una lista de verificación para asegurarse que todos los temas han sido cubiertos. (Voss et al., 2002).

Como una cuestión general, un protocolo de Estudio de Casos debería tener las siguientes secciones:

- Una visión general del estudio de caso (objetivos del proyecto y auspicios, temas de estudio de caso, una lectura relevante sobre el tema a ser investigado).
- Procedimientos de campo (presentación de credenciales, acceso a los sitios para el caso de estudio, fuentes de datos, y recordatorios de procedimiento).
- Preguntas del caso de estudio (las preguntas específicas que el investigador del caso de estudio debe mantener en mente en la recolección de datos, y las fuentes potenciales de información para responder cada pregunta).
- Una guía para el reporte del estudio de caso (esquema, formato para los datos, uso y presentación de otra documentación, e información bibliográfica).

## **A. Visión General del proyecto del Estudio de Casos**

Un elemento importante de esta sección es una declaración sobre proyecto el cual puede ser presentado a alguien quien puede querer conocer sobre el proyecto. Esta declaración puede incluso ir acompañada por una carta de introducción para ser enviada a todos los entrevistados importantes y organizaciones que pueden ser sujeto de estudio. Este puede incluir la justificación para seleccionar los casos, las proposiciones o hipótesis a ser examinadas, y la más amplia relevancia teórica o política de la investigación. Para todos estos temas, las lecturas relevantes deben ser citadas, y los materiales de lecturas esenciales deben estar disponibles para todos los del equipo del estudio de caso (Yin, 2009).

## **B. Procedimientos de campo**

En los estudios de caso el investigador debe aprender a integrar los eventos de la vida real con las necesidades del plan de recolección de datos. El investigador no tiene control sobre el ambiente en el que se recogen los datos. El investigador se tiene que adaptar a los requerimientos de los informantes (Yin, 2009).

Los procedimientos de campo del protocolo necesitan enfatizar tareas importantes en la recogida de datos:

- Acceso a las organizaciones y entrevistados claves.
- Tener recursos suficientes, incluyendo PC, materiales de oficina, y un lugar preestablecido para escribir notas de forma privada.
- Desarrollar un procedimiento para solicitar ayuda, si fuera necesario, de otros investigadores de estudios de caso o colegas.
- Hacer un programa claro de actividades de recolección de datos que están esperando para ser completadas con periodos específicos de tiempo.
- Prever eventos no anticipados, incluyendo cambios en la disponibilidad de los entrevistados, así como cambios en el estado de ánimo o motivación del investigador de los estudios de caso.

## **C. Preguntas del Estudio de Casos**

El corazón del protocolo es un conjunto de cuestiones de fondo que reflejan la actual línea de investigación. Las preguntas son planteadas al investigador no al entrevistado. Las preguntas del protocolo en esencia son recordatorios con respecto a

la información que se necesita recolectar y porqué. Es mantener al investigador en la pista como la recolección de datos. Cada pregunta debería estar acompañada por una lista de probables fuentes de evidencia. Tales fuentes pueden incluir el nombre de los entrevistados, documentos u observaciones. Estas cuestiones forman la estructura de la investigación y no pretenden ser las preguntas literales que se deben formular de cualquier entrevistado dado (Yin, 2009).

#### **D. Guía para el reporte del Estudio de Casos**

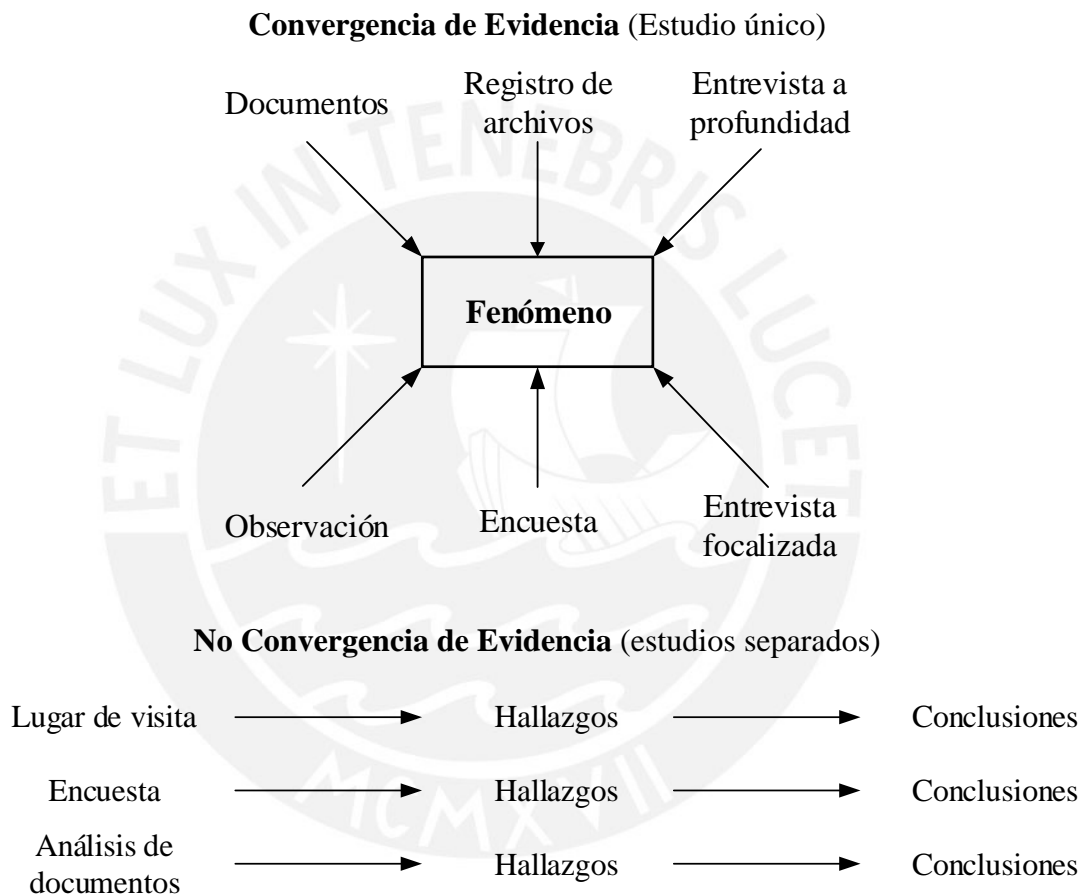
En la medida que sea posible, el esquema básico del reporte del Estudio de Casos debería ser parte del protocolo. Este facilitará la recolección de datos relevantes, en el formato apropiado, y reducirá la posibilidad de una nueva visita al lugar donde se realizó Estudio de Casos, por información adicional. De hecho, el plan del Estudio de Casos puede cambiar como un resultado de la recolección de datos original, por lo que se anima a considerar estas flexibilidades – si se utiliza adecuadamente y sin sesgos – para ser una ventaja del método del Estudio de Casos (Yin, 2009).

##### **2.1.4. Recogida de Información en el Estudio de Casos**

Según lo mencionado por Yin (2009), la información del Estudio de Casos pueden provenir de seis fuentes: documentos, registro de archivos, entrevistas, observación directa, observación participante, y objetos físicos. Usando estas seis fuentes pide dominar diferentes procedimientos de recolección de datos. En todo momento, un objetivo importante es recoger datos sobre los acontecimientos humanos reales y comportamiento. Este objetivo difiere del objetivo de la encuesta típica de capturar percepciones, actitudes, y reportes verbales sobre eventos y comportamiento.

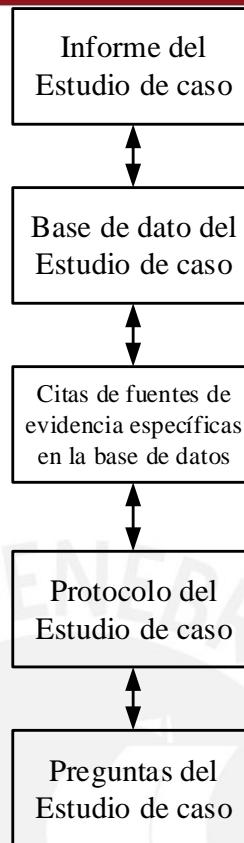
Además de las seis fuentes de información descritas, se tiene que tomar en cuenta tres principios fundamentales: (a) múltiples fuentes de información (evidencia de dos o más fuentes, convergiendo en los mismos hechos o resultados), (b) una base de datos del Estudio de Casos (una formación de evidencia distinta del reporte final del Estudio de Casos), y (c) una cadena de evidencia (vínculos explícitos entre las cuestiones planteadas, los datos recogidos, y las conclusiones extraídas. La incorporación de estos principios dentro de los estudios de caso incrementará su calidad sustancialmente (Yin, 2009).

En la Figura 3, se presentan dos condiciones cuando la información ha sido realmente triangulada (parte superior), y cuando se tiene diferentes fuentes como parte del mismo estudio pero que abordan diferentes hechos y conclusiones (parte inferior). Cuando la información ha sido triangulada, los eventos del Estudio de Casos han sido apoyados por más de una sola fuente de evidencia; cuando se han utilizado múltiples fuentes, pero en realidad sin los datos triangulados se ha analizado cada fuente de evidencia por separado y han comparado las conclusiones de los diferentes análisis.



*Figura 3.* Convergencia y no convergencia de múltiples fuentes de información  
Adaptado de Yin (2009)

En la Figura 4, se representa la cadena de evidencia desde el reporte del Estudio de Casos a las preguntas de los Estudios de Caso y viceversa. Además relaciona las cuestiones planteadas, los datos recogidos, y las conclusiones planteadas.



*Figura 4. Mantener una cadena de evidencia*  
Adaptado de Yin (2009)

### 2.1.5. El Análisis del Estudio de Casos

Yin (2009) mencionó que el análisis de los datos consiste en examinar, clasificar, tabular, probar, o de otra manera recomblando pruebas para sacar conclusiones empíricas. Analizar los Estudios de Caso es especialmente difícil porque las técnicas aún no han sido bien definidas. Para superar esta circunstancia, todos los análisis de los Estudios de Caso deben seguir una estrategia analítica general, definiendo prioridades sobre qué analizar y por qué. Cuatro estrategias se apoyan en proposiciones teóricas, desarrollando las descripciones de los casos, utilizando datos cuantitativos y cualitativos, y examinar explicaciones rivales. Al utilizar diversas ayudas informáticas para manipular los datos, se tiene que tomar en cuenta que no serán un sustituto en caso de ausencia de una estrategia analítica general.

Cualquiera de estas estrategias existentes pueden utilizarse en la práctica sobre cinco técnicas específicas para el análisis de los estudios de caso: coincidencia de patrones, construcción de explicaciones, análisis de series de tiempo, modelos lógicos,

y síntesis de casos cruzados. Con una adecuada sutileza, el análisis puede incorporar modelos estadísticos, tales como regresión o modelos de ecuación estructurados. Es un desafío constante producir análisis de alta calidad, que requieren la atención de toda la evidencia recolectada, mostrando y presentando la evidencia independiente de cualquier interpretación, y teniendo en cuenta las interpretaciones alternativas (Yin, 2009).

Un aporte interesante de Carrasco (2007) indicó que una vez obtenidos los datos, se realiza un análisis de datos para caso de forma individual, y un análisis comparativo entre los casos estudiados. El objetivo de este informe es conseguir que el investigador se familiarice con las características de cada uno de los casos de forma individual, antes de buscar patrones comunes con los otros casos de estudio. De este modo, se consideran las características únicas de cada caso antes de pasar a la etapa de generalización. Por parte Voss et al. (2002) indicaron que buscar deliberadamente la confirmación de múltiples fuentes de datos conduce a resultados más confiables. Por su parte Eisenhardt (1989, citado por Voss et al., 2002) señaló que somos pobres procesadores de información; y tenemos la tendencia a saltar a conclusiones en base a un conjunto limitado de datos, ser excesivamente influenciados por las personas como los principales encuestados, ignorar las propiedades estadísticas básicas y sin querer soltar pruebas contradictorias. El análisis de casos cruzados es un intento para contrarrestar esto.

El Análisis del Estudio de Casos consta de cuatro etapas, los cuales se detallan a continuación.

- Etapa 1: Desarrollo de Hipótesis y Pruebas.
- Etapa 2: La conformación de las Hipótesis.
- Etapa 3: La prueba de Hipótesis.
- Etapa 4: Comparación con la literatura existente.

### **Etapa 1: Desarrollo de Hipótesis y Pruebas**

Voss et al. (2002) indicaron que los estudios de caso son utilizados para probar las hipótesis y desarrollo de la teoría. En la mayoría de los casos de investigación habrá alguna hipótesis inicial, la cual puede ser directamente probada utilizando los datos del caso, en particular con mayores tamaños de muestra de casos. Wacker (1998,

citado por Voss et al., 2002) mencionó un procedimiento general de cuatro pasos para la construcción de la teoría: la definición de las variables, limitar el dominio, relación (construcción del modelo), y finalmente predicción de la teoría y la evidencia empírica.

### **Etapa 2: La conformación de las Hipótesis**

Tras el estudio de campo, la elaboración del informe de cada caso individual y el análisis comparativo de los casos, empezarán a surgir algunas hipótesis y relaciones entre variables, que podrían formar parte de la construcción teórica resultante del estudio de caso (Carrasco, 2007). Así mismo Voss et al. (2002) mencionaron que este es un proceso iterativo, por lo que los temas emergentes, marcos o hipótesis se comparan con los datos de cada caso. Esta iteración hacia la teoría se adapta mejor. Durante esta habrá un proceso paralelo de refinar la definición de los modelos utilizando pruebas que mide el modelo en cada caso. En esta etapa es probable tener unas nuevas o hipótesis refinadas y modelos que permitan verificar la relación emergente. Esto se puede hacer mediante el examen de las hipótesis en cada caso, el tratamiento de cada uno como parte de una serie de experimentos.

### **Etapa 3: La Prueba de Hipótesis**

Si la replicación lógica ha sido utilizada en la selección de casos que confirman una relación emergente aumenta la confianza en las hipótesis o teoría. El investigador debería buscar desarrollar y probar la teoría, ya que le proporciona la oportunidad para refinar y expandir la teoría. Cuando los datos parecen apoyar las hipótesis, la investigación de casos permite al investigador ir un paso más allá y examinar las razones subyacentes en cada caso, y porqué las cosas están sucediendo (Voss et al., 2002). Por su parte, Carrasco (2007) señaló que las relaciones entre las variables se confirman o rechazan siguiendo una lógica de replicación. Cada caso se considera un experimento, que confirmará o refutará la relación postulada que esté verificando en cada momento. Asimismo, los datos cualitativos ayudarán a entender los motivos o razones que subyacen bajo las relaciones causales que se confirmen finalmente.

### **Etapa 4: Comparación con la Literatura existente**

Según Voss et al. (2002) mencionó que en el desarrollo de la teoría de investigación, es importante revisar la teoría emergente contra la literatura existente.

La investigación debe basarse en la teoría existente. Siempre hay alguna literatura relevante para hacer referencia. La revisión de la teoría emergente consiste en preguntar lo que es similar, lo que es diferente y por qué. Una vez construido el marco teórico resultante del estudio de caso, es importante comparar el resultado obtenido con la literatura existente, tanto con aquella que entre en conflicto con los resultados obtenidos, como con aquella que vaya en la misma línea. Ambas comparaciones reforzarán la validez y fiabilidad de la investigación y permitirán refinar ciertos aspectos de la teoría (Carrasco, 2007).

### 2.1.6. El Reporte de los Estudios de Caso

El Reporte de un estudio de caso significa traer sus resultados y conclusiones al cierre. Independientemente de la forma del informe, medidas similares subyacen la composición estudio de caso: La identificación de la audiencia por el informe, el desarrollo de su estructura compositiva, y tener los borradores revisados por otros. Una vez integrado, el estudio de caso puede ser terminado o se puede unir con datos recogidos a través de otros métodos, como parte de una más amplia o estudio de métodos mixtos. Estos estudios pueden ser ventajosos y representan un reto más en hacer investigación de estudios de caso.

Ya sea sirviendo como un estudio de caso terminado o como parte de un estudio de métodos mixtos, la creación de un reporte de Estudio de Caso es uno de los aspectos más difíciles de hacer. El mejor consejo es componer porciones del caso de estudio temprano (por ejemplo, la bibliografía y la sección de metodología), en lugar de esperar hasta el final del proceso de análisis de datos. El reporte del Estudio de Caso también presenta una elección con respecto a la divulgación o el anonimato de las identidades de casos (Yin, 2009). En la Tabla 5, se presenta las estructuras y aplicaciones a diferentes propósitos de los Estudios de Caso.

- Estructura Lineal Analítica.
- Estructura Comparativa.
- Estructura Cronológica.
- Estructura de Construcción de Teorías.
- Estructura Suspense
- Estructura no secuenciada.

Tabla 5.  
*Estructura y aplicación a diferentes propósitos de los Estudios de Caso*

Tipo de estructura compositiva	Propósito del Estudio de Caso (único o caso múltiple)		
	Explicativo	Descriptivo	Exploratorio
Lineal analítica	X	X	X
Comparativa	X	X	X
Cronológica	X	X	X
Construcción de Teorías	X		X
Suspense	X		
Estructuras no secuenciadas		X	

*Nota.* Adaptado de Yin (2009)

### A. Estructura Lineal Analítica

Es un enfoque estándar para componer reportes de investigación. La secuencia de subtemas empieza con el asunto o problema en estudio y una revisión de la literatura previa correspondiente. Los subtemas proceden a cubrir los métodos utilizados, los resultados de los datos recogidos y analizados, y las conclusiones y las implicaciones de los hallazgos. La mayoría de los artículos de revistas en ciencias experimentales reflejan este tipo de estructura, al igual que muchos estudios de caso. La estructura es cómoda para la mayoría de los investigadores, y probablemente es la más ventajosa cuando los colegas de investigación o un comité de tesis o disertación comprenden la audiencia principal para un estudio de caso (Yin, 2009).

### B. Estructura Comparativa

Una estructura comparativa repite el mismo estudio de caso dos o más veces, comparando descripciones alternativas o explicaciones del mismo caso. El propósito de la repetición es mostrar el grado en que los hechos encajan en cada modelo, y las repeticiones en realidad ilustran una técnica de coincidencia de patrones en el trabajo. Por supuesto, son posibles otras variantes del enfoque comparativo, pero la característica principal es que el estudio de caso completo (o los resultados de un análisis cruzado de casos al hacer un estudio de caso múltiple) se repite dos o más veces, en un modo abiertamente comparativo (Yin, 2009).

### C. Estructura Cronológica

Este enfoque puede servir a un propósito importante en hacer estudios de casos explicativos porque presuntas secuencias causales deben ocurrir de forma lineal en el

tiempo. Si una presunta causa de un evento se produce después de ocurrido el evento, uno tendría razón para cuestionar la proposición causal inicial. Por lo general, un investigador gasta demasiado esfuerzo en componer la introducción a un caso, incluyendo su historia temprana y el fondo, y deja tiempo insuficiente para escribir sobre el estado actual del caso. Sin embargo, gran parte del interés en el caso puede estar relacionado con los acontecimientos más recientes. Por lo tanto, una de las recomendaciones cuando se utiliza una estructura cronológica es redactar el estudio de caso al revés. Una vez que todos los proyectos se han completado, puede volver a la secuencia cronológica normal luego refinar la versión final del estudio de caso (Yin, 2009).

#### **D. Estructura de Construcción de Teorías**

En este enfoque, la secuencia de los capítulos o secciones seguirá una lógica de construcción de teorías. La lógica dependerá del tema y teoría específica, pero cada capítulo o sección debe revelar una nueva parte del argumento teórico está hecho. Si está bien estructurada, toda la secuencia y su despliegue de ideas clave pueden producir un caso de estudio convincente e impresionante. El enfoque es relevante para estudios de casos explicativos y exploratorios, los cuales pueden estar preocupados con la construcción de teorías. Los casos explicativos estarán examinando las diversas facetas de un argumento causal; casos exploratorios debatirán el valor de seguir investigando varias hipótesis o proposiciones (Yin, 2009).

#### **E. Estructura Suspense**

Esta estructura se invierte a la estructura lineal analítica descrita anteriormente. La "respuesta" directa o el resultado de un estudio de caso y su importancia sustantiva es paradójicamente presentada en el capítulo o sección inicial. El resto del estudio de caso – y sus partes de mayor suspenso – están dedicadas a continuación al desarrollo de una explicación de este resultado, con explicaciones alternativas consideradas en los capítulos o secciones siguientes. Este tipo de enfoque es relevante principalmente para estudios de caso explicativos, como un caso de estudio descriptivo no tiene ningún resultado especialmente importante. Cuando se utiliza bien el enfoque de suspense es a menudo una estructura compositiva atractiva (Yin, 2009).

## **F. Estructura no secuenciada**

Una estructura no secuenciada es una en la que la secuencia de secciones o capítulos no asume particular importancia. Estudios de caso descriptivos de las organizaciones a menudo presentan la misma característica. Estos estudios de caso utilizan capítulos o secciones separadas para cubrir los orígenes de una organización e historia, su propiedad y empleados, sus líneas de productos, sus líneas formales de la organización, así como su situación financiera. El orden particular en el que estos capítulos o secciones se presentan no es crítico y por lo tanto puede ser considerado como un enfoque no secuencial. Si se utiliza una estructura no secuenciada el investigador necesita atender otro problema: una prueba de integridad. Si ciertos temas clave se dejan al descubierto, la descripción puede ser considerada como incompleta. Un investigador debe conocer un tema lo suficientemente bien – o tener modelos relacionados de estudios de caso para referencia – para evitar una deficiencia tal (Yin, 2009).

## **2.2. Conceptos Generales en la Administración de Operaciones**

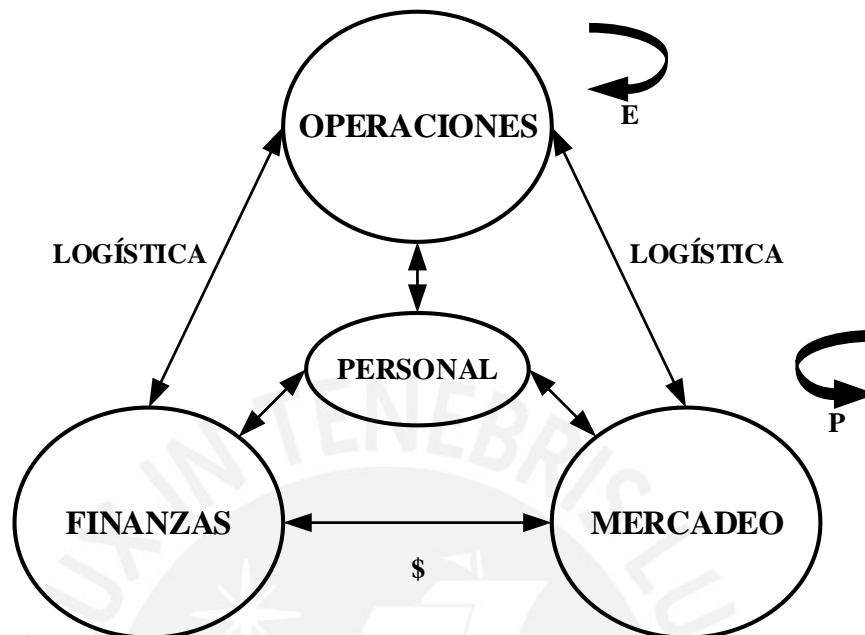
Según Krajewski, Ritzman, y Malhotra (2008) mencionaron que el término administración de operaciones se refiere al diseño, dirección y control sistemáticos de los procesos que transforman los insumos en servicios y productos para los clientes internos y externos. Otro concepto interesante indica que las operaciones consiste en el diseño, administración y mejora del sistema productivo que crean y producen los bienes y servicios de una compañía (D'Alessio, 2013). En tal sentido, las empresas deben poner especial importancia en la administración de sus operaciones productivas ya que es una herramienta estratégica valiosa que les permite optimizar los recursos para mejorar su productividad y como consecuencia su competitividad.

Un sistema de producción se puede definir como aquel que utiliza ciertos recursos con el fin de transformar las entradas (insumos) en salidas (productos) deseadas (D'Alessio, 2013).

### **2.2.1. El Ciclo Operativo de la empresa**

El Ciclo Operativo está constituido por tres columnas básicas que operan integral, coordinada y racionalmente, que tienen en la misión y los objetivos de la organización

la brújula que orientará el uso de los recursos y, en la productividad, la herramienta de medición de la gestión (D' Alessio, 2013). Este proceso se representa en la Figura 5.



*Figura 5. El Ciclo Operativo de la empresa  
Adaptado de D' Alessio (2013)*

### 2.2.2. El Diagrama Básico Entrada – Proceso – Salida

Según lo mencionado por D' Alessio (2013), los procesos están conformados por planta (activos productivos/tecnología) y trabajo (mano de obra/conocimientos), para su puesta en marcha, materiales: directos (insumos) e indirectos; todo esto dentro de un ambiente laboral que incluye la cultura y el clima organizacional. Este diagrama se presenta en la Figura 6.

### 2.2.3. Clasificación de las Empresas por sus Operaciones

Según D' Alessio (2013) mencionó que las operaciones de producción de bienes físicos son aquellas destinadas a obtener un producto físico cuyo valor está relacionado directamente con sus propiedades físicas; las operaciones de producción de servicios son aquellas en que el resultado del proceso no está asociado con propiedades físicas del producto, y tiene relación directa con las personas que reciben el proceso. Esta clasificación es representada en la Figura 7.

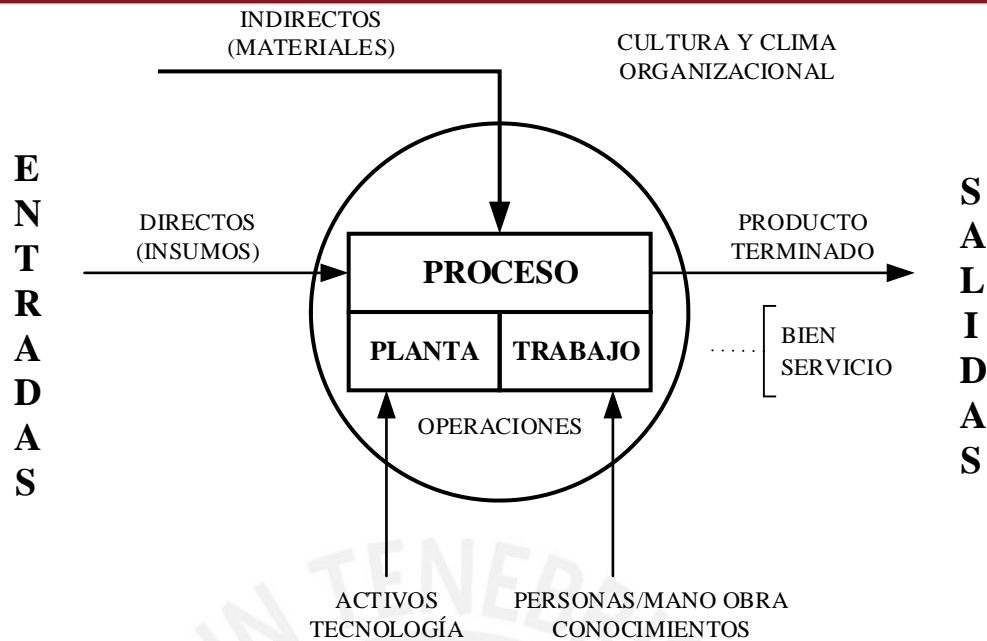


Figura 6. Diagrama básico entrada - proceso – salida  
Adaptado de D’Alessio (2013)



Figura 7. Clasificación de las empresas según sus operaciones  
Tomado de D’Alessio (2013)

#### 2.2.4. La Matriz Producto – Proceso

La matriz Producto – Proceso tiene sus orígenes en un interesante estudio elaborado por Robert Hayes y Steven Wheelwright en 1979, en su artículo titulado "*Link manufacturing process and product life cycles*". Este enfoque utiliza el concepto ampliamente conocido como es el ciclo de vida del producto, y el concepto de lo que ellos denominaron el ciclo de vida del proceso, para darle una nueva dimensión a los planes de estrategia de una organización.

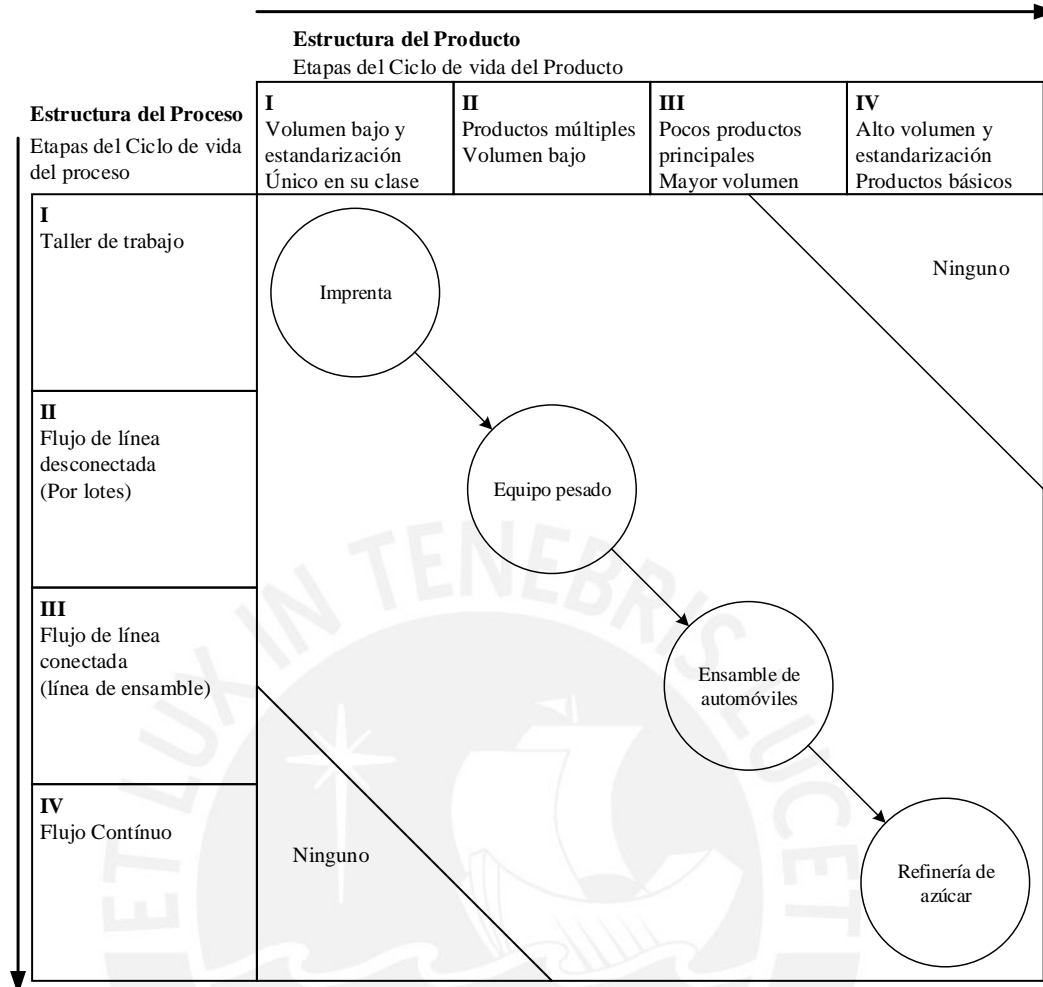
Según Hayes y Wheelwright (1979) mencionaron que la evolución del proceso típicamente empieza con un proceso "fluido", que es muy flexible pero no muy eficiente en costos; y avanza hacia la estandarización, mecanización, y automatización. Esta evolución culmina en un proceso sistemático que es muy eficiente, pero mucho más intensivo en capital, y menos flexible que el proceso "fluido" original.

En la Figura 8, se representa la matriz Producto – Proceso, en donde las filas de esta matriz representan las principales etapas por las que un proceso de producción tiende a pasar de la forma “fluida” en la fila superior a la forma sistemática en la fila inferior. Las columnas representan las fases del ciclo de vida del producto, pasando por la gran variedad de productos en el lado izquierdo, a productos básicos estandarizados en el lado derecho.

1. **Proceso de trabajo.** Según Hayes y Wheelwright (1979) mencionaron que cada trabajo es único, los trabajos llegan de diferentes formas y requieren diferentes tareas, y el equipo tiende a ser relativamente de propósito general. También el equipo es raramente utilizado al 100% de su capacidad, los trabajadores tienen una amplia gama de habilidades de producción, y cada trabajo lleva más tiempo al pasar por cada etapa de los procesos dentro de la planta que las horas de trabajo requeridas por ese trabajo. Por su parte Krajewski et al. (2008) mencionó que es un proceso con la flexibilidad necesaria para producir una amplia variedad de productos en cantidades significativas, con complejidad y divergencia considerable en los pasos ejecutados.
2. **Proceso por lotes.** Un fabricante de maquinaria pesada por lo general elige una estructura productiva caracterizada como un proceso de "flujo de la línea desconectada" o por lotes. Aunque la empresa puede hacer una serie de productos (un cliente puede incluso ser capaz de ordenar una unidad personalizada de algo), las economías de escala en la fabricación por lo general conducen este tipo de empresas para ofrecer varios modelos básicos con una variedad de opciones. Esto permite pasar de un proceso de taller de trabajo a un proceso por lotes, donde un modelo dado procede de manera irregular a través de una serie de estaciones de trabajo, o posiblemente incluso a una línea de montaje de bajo volumen (Hayes & Wheelwright, 1979). Por su parte Krajewski et al. (2008) mencionaron que es un

proceso que se distingue de un proceso de trabajo por sus características de volumen, variedad y cantidad. La diferencia principal es que los volúmenes son más altos porque los mismos productos o partes que lo forman, u otros similares, se producen repetidamente.

3. **Proceso en línea.** Un producto como los automóviles o los electrodomésticos para el hogar, generalmente una empresa opta por hacer sólo unos pocos modelos y utilizar un proceso de producción relativamente mecanizada y conectada, tal como una línea de montaje móvil. Este proceso coincide con los requisitos del ciclo de vida de los productos que los fabricantes de automóviles deben cumplir con las economías disponibles a partir de un proceso estandarizado y automatizado (Hayes & Wheelwright, 1979). Por otro lado Krajewski et al. (2008) mencionaron que es un proceso que se sitúa en el continuo entre el proceso por lotes y el proceso de flujo continuo; los volúmenes son altos y los productos están estandarizados, lo que permite organizar los recursos en torno a productos particulares. Por otra parte D'Alessio (2013) mencionó que es un proceso cuya producción está asociada con líneas de ensamblaje, con corridas de producción muy largas y requieren equipos muy especializados, con personal de alta calificación en lo relativo a programación y mantenimiento de la maquinaria especializada.
4. **Proceso de flujo continuo.** En el lado derecho inferior de la matriz, podríamos encontrar empresas cuyas operaciones son de refinería, como el aceite o el azúcar procesado, donde el producto es una mercancía y el proceso es continuo. Aunque este tipo de operaciones son altamente especializados, inflexible, y de capital intensivo, sus desventajas son más que compensadas por los bajos costos variables que surgen de un alto volumen de pasar por un proceso estandarizado (Hayes & Wheelwright, 1979). Representa el extremo de la producción estandarizada de alto volumen y flujos en línea rígidos, en el que la producción no se inicia ni se detiene durante periodos largos (Krajewski et al., 2008). Por su parte D'Alessio (2013) mencionó que la producción continua desarrolla grandes volúmenes de productos iguales, y sus corridas de producción son permanentes, 24 sobre 24 horas. Su gran ventaja radica en las economías de escala, y su gran desventaja radica en la inflexibilidad del proceso que no permite cambiar a otro tipo de producto.



*Figura 8. Matriz Producto - Proceso*  
Adaptado de Hayes y Wheelwright (1979)

### 2.3. Teoría de Restricciones (TOC)

Según la investigación de Rahman, S. (1998) mencionó que desde comienzos de los años 70's, tres principales enfoques han evolucionado para que las empresas logren ventajas competitivas, cada desafío viejo supuesto y formas de hacer las cosas. Estos son planeamiento de requerimientos de materiales (*MRP I* y *MRP II*), *Just In Time*, y teoría de restricciones (*TOC*).

Desarrollado por el Dr. Eliyahu Goldratt a mediados de los años 80's, y evolucionó del sistema OPT (Optimized Production Timetables) al nombre comercial conocido como Optimized Production Technology (OPT®). Como parte de una herramienta de marketing para el sistema OPT, ilustró los conceptos de OPT en la

forma de una novela, en el que la teoría es gradualmente desentrañada a través del contexto de una situación diaria de producción; en el libro de nombre “La Meta”.

Para 1987, todo el concepto llegó a ser conocido como la Teoría de Restricciones (TOC) que Goldratt vio como “una teoría general para el funcionamiento de una organización” (Goldratt, 1988); e indicó que el concepto de TOC puede ser resumido como:

- *Todo sistema debe tener al menos una restricción.* Si esto no fuera cierto, entonces un sistema real como una organización sin ánimo de lucro tendría ganancias ilimitadas. Una restricción por lo tanto, “es algo que limita a un sistema a que logre conseguir un rendimiento más alto en comparación con su meta”.
- *La presencia de restricciones representa oportunidades de mejora.* Contrariamente al pensamiento convencional. TOC mira las restricciones como algo positivo, no negativo. Porque las restricciones determinan el desempeño de un sistema, una elevación gradual de las restricciones del sistema mejoraría su rendimiento (Rahman, 1998).

### 2.3.1. Principios de la Teoría de Restricciones (TOC)

El Dr. Eliyahu Goldratt nos muestra en su libro *La Meta*, una serie de pasos para implementar un sistema de mejora continua atacando a las restricciones del sistema, a continuación se muestra los cinco pasos que él llama: Proceso del pensamiento TOC (Goldratt, 2004):

1. **Identificar la Restricción del sistema.** Estos pueden ser físicos (por Ejemplo: los materiales, las máquinas, el personal, el nivel de demanda) o gerencial. Generalmente, las organizaciones tienen muy pocas restricciones físicas, pero algunas restricciones gerenciales en forma de políticas, procedimientos, reglas y métodos (Goldratt, 1990). En estudios más recientes Goldrat, E. (2010) desarrolló una técnica llamada Árbol de Realidad Actual, para identificar restricciones políticas; el cual es importante para priorizarlas conforme a sus impactos en la meta de la organización.
2. **Explotar la restricción del sistema.** Si la restricción es física, el objetivo es hacer esta restricción lo más eficaz posible en el sentido de su uso. Una restricción

gerencial no debe ser explotada, debe ser eliminada y reemplazada con una política que apoye al aumento del rendimiento (*Throughput*).

3. **Subordinar los otros procesos a la restricción.** Esto significa que todos los otros componentes del sistema (que no son restricciones) deben ser ajustados para apoyar la eficacia máxima de la restricción. Porque las restricciones dictan el rendimiento (*Throughput*) de una empresa, la sincronización de los recursos con la restricción proporciona la manera más efectiva de utilización de recursos. Los recursos de las no restricciones contienen capacidad de producción (capacidad para apoyar el rendimiento – *Throughput* – de la restricción) y capacidad ociosa (capacidad que sirve para proteger frente a las interrupciones del sistema y capacidad actualmente no necesaria). Si los recursos no restrictivos son usados más allá de sus capacidades de producción para apoyar la restricción, ellos no mejoran el *Throughput* e incrementan innecesariamente el inventario.
4. **Elevar la restricción del sistema.** Si las restricciones existentes siguen siendo las más críticas en el sistema, los esfuerzos de mejora rigurosos sobre estas restricciones mejorarán su rendimiento. A medida que el desempeño de las restricciones mejoran, el potencial de los recursos de las no restricciones puede ser mejor realizado, lo cual permitiría mejorar el rendimiento general del sistema. En general el sistema encontrará una nueva restricción.
5. **Repetir el ciclo.** No deje que la inercia se convierta en la siguiente restricción. La primera parte de este paso hace al *TOC* un proceso continuo. La segunda parte es un recordatorio de que ninguna política (o solución) es apropiada (o correcta) todo el tiempo o en cada situación. Es crítico para la organización reconocer que como el ambiente de los negocios cambia, la política de la empresa tiene que ser refinado para tener en cuenta esos cambios. La no aplicación del paso 5 puede conducir a una organización al desastre. Los principios de muestran en la Figura 9.

### 2.3.2. Programación de la Producción bajo el enfoque *TOC*

La programación de la Producción bajo el enfoque *TOC*, está dada por:

- Reglas de Goldratt para programar la producción.
- Programación Drum – Buffer – Rope (DBR)

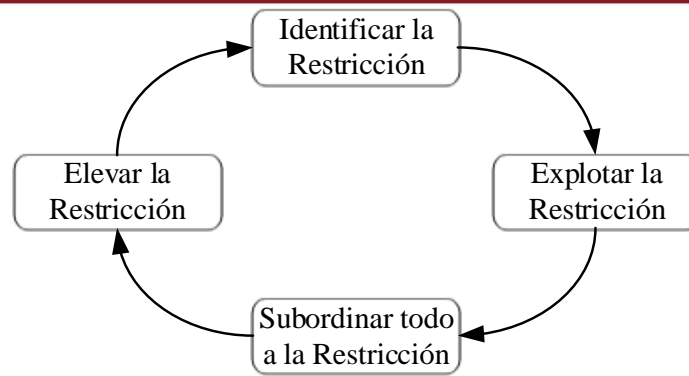


Figura 9. Ciclo de mejora de la Teoría de las Restricciones (TOC)  
Adaptado de Sproull (2009)

### A. Reglas de Goldratt para programar la producción

El paradigma del *TOC* ha evolucionado del software de programación llamado Optimized Production Technology (OPT®) que a su vez, se basa sobre las siguientes nueve reglas (Goldratt, 2004):

1. Equilibrar el flujo, no la capacidad.
2. El nivel de utilización de un no cuello de botella no está determinado por su potencial, sino por otra restricción del sistema.
3. Utilización y activación de un recurso no son sinónimos.
4. Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida por todo el sistema.
5. Una hora ahorrada en un no cuello de botella es solo un espejismo.
6. Los cuellos de botella gobiernan el *Throughput* y el inventario.
7. El lote de transferencia no siempre es, ni deber ser, igual al lote del proceso.
8. El lote del proceso deber ser variable, no fijo.
9. Las programaciones deben ser establecidas examinando todas las restricciones simultáneamente. Los tiempos de espera son resultado de una programación y no puede ser predeterminado.

### B. Programación Drum – Buffer – Rope (DBR)

En un ambiente de planificación y programación de la producción *TOC*, se realiza con una herramienta conocida como DBR. El DBR está diseñado para regular el flujo del WIP (Work In Process) a través de una línea de producción basada en el ritmo del recurso más lento, la operación de restricción. Con el fin de optimizar el flujo de los

productos a través de la fábrica, el material se libera de acuerdo a la capacidad de operación de la restricción, o recurso de restricción de capacidad (CCR).

La velocidad de producción del CCR se equipara al ritmo de un tambor *Drum* (Sproull, 2009); el *Drum* es el programa del sistema o el paso en que la restricción trabaja (Rahman, 1998). La *Rope* es el mecanismo de comunicación que conecta el CCR para la liberación de material para la primera operación con el fin de asegurarse de que la materia prima sea liberada a tiempo para garantizar que la restricción siempre tenga el material para trabajar; Por lo tanto, el primer propósito de la *Rope* es asegurar que el CCR sea nunca desabastecido y no inundado por exceso de inventario en proceso (Sproull, 2009). *Rope* proporciona comunicación entre los puntos de control críticos para asegurar su sincronización (Rahman, 1998). *Buffer* es instaurado para proteger el CCR de ser desabastecido (Sproull, 2009). *Buffer* es inventario estratégicamente ubicado para proteger la salida del sistema, de las variaciones que ocurren en el sistema (Rahman, 1998).

El sistema DBR tiene tres propósitos: proteger el CCR del desabastecimiento, asegurar que material en exceso no es liberado dentro del sistema, y proteger las fechas de vencimiento de entrega para los clientes. La implementación del sistema TOC es gobernada por la metodología DBR y gestionada a través del uso de *Buffers de tiempo* (T-Bs); el nombre del método está basado sobre las metáforas desarrolladas en *La Meta* (Goldratt, 2004). Tres tipos de T-Bs son usados en la gestión de *Buffer*:

1. ***Buffers de Restricción***. Contiene piezas que están esperando una cierta cantidad de tiempo delante de un CCR, por lo tanto proteger la programación planificada de la restricción. Un CCR es un recurso que no es un cuello de botella en el presente, pero si no es gestionado correctamente, puede llegar a ser una restricción.
2. ***Buffers de Ensamble***. Contiene partes / sub-ensambles que no son procesados por un CCR, pero necesitan ser ensambladas con piezas del CCR.
3. ***Buffers de Envío***. Contiene productos que están esperando ser finalizados y listos para enviar en un determinado tiempo antes de la fecha de vencimiento; por lo tanto, protegen el desempeño de la fecha de entrega.

En la Figura 10, se muestra la localización de los tres T-Bs. Note que un *Buffer de ensamble* no es requerido antes de toda la operación de ensamble; este es requerido solo antes que la operación de ensamble es alimentada por partes del CCR y no CCR. El *Buffer de restricción* está localizado al frente del CCR y el *Buffer de envío* está localizado al final del proceso. El uso de T-Bs en la gestión de Buffers puede ayudar a detectar las causas de las interrupciones sin interrumpir el *throughput*. Por otra parte, al reducir continuamente el tamaño de los Buffers, el tiempo del ciclo de producción puede ser reducida, la cual a su vez puede reducir el *lead time*.

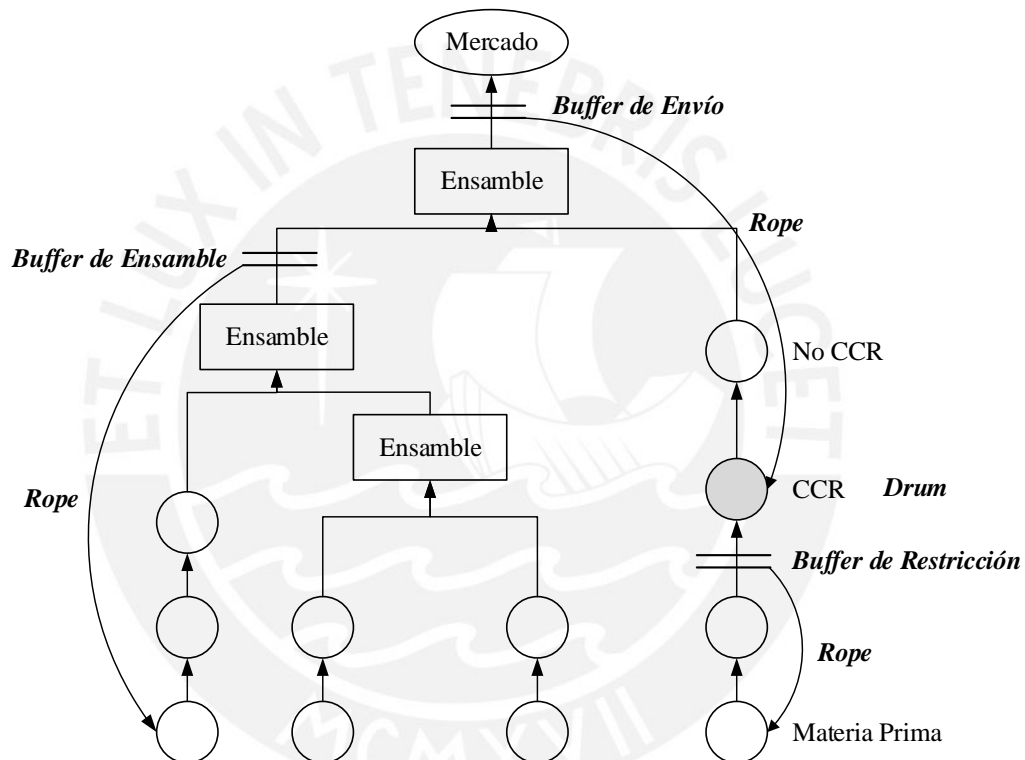


Figura 10. Programación con DBR  
Adaptado de Rahman (1998) y Dominguez (1995)

### 2.3.3. Proceso de Pensamiento

El proceso de pensamiento desarrollado por Goldratt para aplicar TOC es lógico por naturaleza. El sistema DBR, la cadena crítica de la administración de proyectos, la cadena de abastecimiento, y las herramientas de la contabilidad del *throughput*, tienen cimientos en la lógica de causa y efecto. Pero la lógica no es necesariamente intuitiva, y sin duda no surge totalmente formado, como Pegasus de la cabeza de Medusa. Además, esta lógica encuentra su expresión en otra herramienta del TOC – el más universal de todos ellos – El proceso de pensamiento lógico (Dettmer, 2007).

Según lo mencionado por Sproull (2009) se sabe que es relativamente fácil identificar las restricciones físicas locales, pero las restricciones relacionadas a sistemas y políticas puede ser algo difícil o incluso frustrante. Las restricciones políticas son generalmente difíciles identificar y evaluar, y frecuentemente requieren el involucramiento y cooperación a través de las áreas funcionales (Rahman, 1998). Esto es difícil porque hay tres cosas que conspiran a trabajar contra la ruptura de una restricción. Primero, la mayoría de la gente tiene problemas en identificar exactamente qué política puede estar causando la restricción, y muchas veces las restricciones de política se encuentran fuera de su propia área y típicamente requieren algún otro para cambiar la política. La segunda razón es probablemente normal, simplemente porque a nadie le gusta admitir que algo que está haciendo es la causa de los malos resultados. Porque de esto, la persona responsable parece estar en desacuerdo y requiere de algún tipo de prueba en cuanto a la necesidad de cambiar la política de restricciones. La barrera final es la resistencia humana normal para cambiar. A menos que un fuerte y convincente caso es hecho donde la conclusión es obvia (Sproull, 2009).

Recientemente, Goldratt (2010) en su libro: “No es cuestión de suerte”, desarrolló un enfoque genérico para hacer frente a las restricciones de política y crear soluciones innovadoras para ellos usando el sentido común, conocimiento intuitivo y lógica. Este procedimiento se conoce como el proceso de pensamiento (TP).

Según Goldratt, un buen administrador de las restricciones debe responder tres importantes preguntas con el fin de ser exitoso:

- a) Decidir qué cambiar.
- b) Decidir a qué cambiar.
- c) Decidir cómo hacer el cambio.

Como parte del proceso de pensamiento lógico, Goldratt introdujo un conjunto de herramientas para identificar la causa raíz de los síntomas negativos o efectos no deseados (*underisable effects* – *UDEs*) que existen dentro de las organizaciones. Goldratt cree que solo hay pocos problemas principales que crean la mayor parte de los *UDEs*, y si se puede identificar esos principales problemas y encontrar sus causas raíz y eliminarlos, la mayoría de los *UDE*’s desaparecerán.

El proceso de pensamiento empieza con la primera pregunta, “¿Qué cambiar?”, es decir para identificar los problemas principales. El Árbol de Realidad Actual (CRT) es usado para este propósito (Figura 11). Una vez que un problema principal ha sido identificado, la pregunta se convierte en “¿A qué cambiar?”; respondiendo la segunda pregunta requiere otras herramientas como Diagrama de Resolución de Conflictos (CRD) o evaporación de nubes (Figura 12), y Árbol de Realidad Futura (FRT), ver Figura 13. Una vez respondida la pregunta anterior, la organización se queda con la pregunta “¿Cómo hacer el cambio?”; el Árbol de prerequisites (PRT), ver Figura 14; y los Diagramas de Árbol de Transición (TT), ver Figura 15; son usados para identificar obstáculos para la implementación y diseñar planes detallados para superar estos obstáculos.

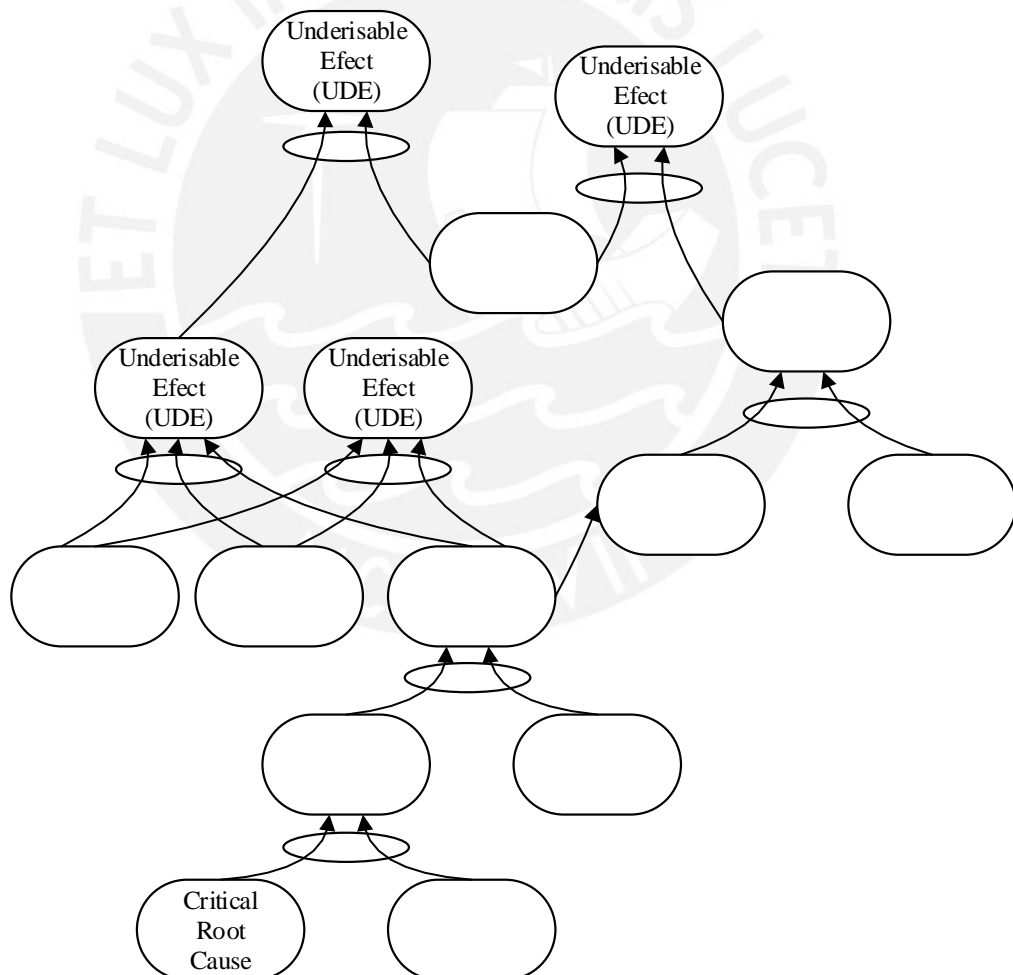


Figura 11. El Árbol de Realidad Actual (CRT)  
 Adaptado de Dettmer (2007)

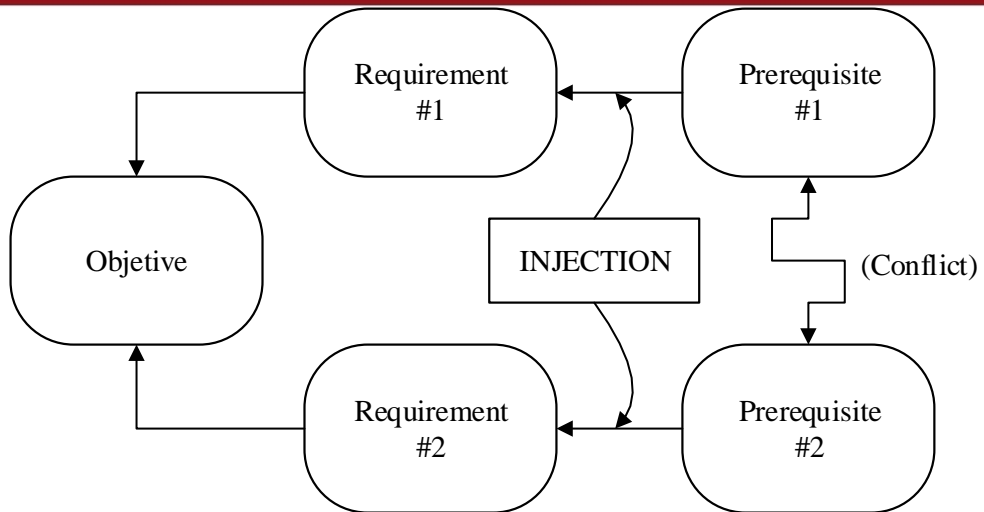


Figura 12. El Diagrama de Resolución de Conflictos (CRD)  
Adaptado de Dettmer (2007)

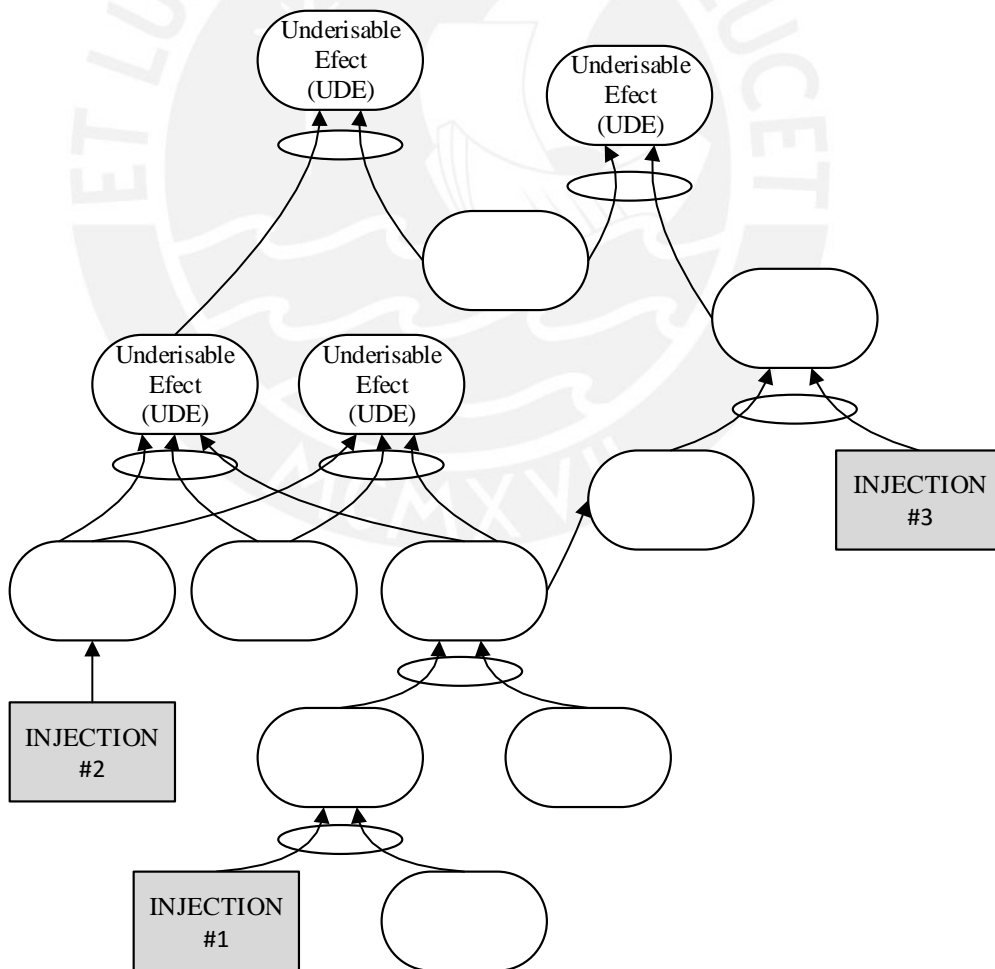


Figura 13. El Árbol de Realidad Futura (FRT)  
Adaptado de Dettmer (2007)

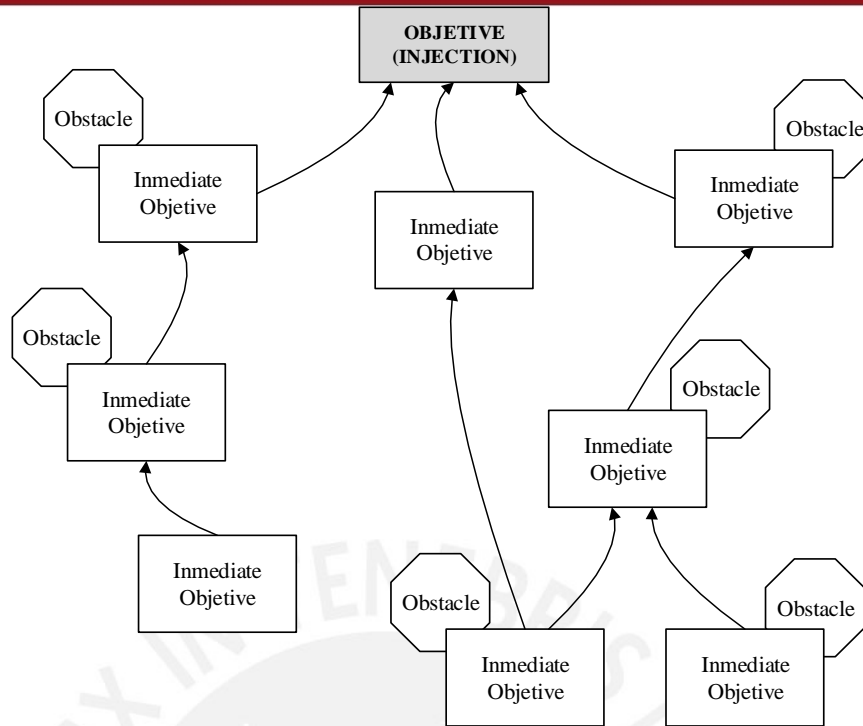


Figura 14. El Árbol de Pre requisitos (PRT)  
Adaptado de Dettmer (2007)

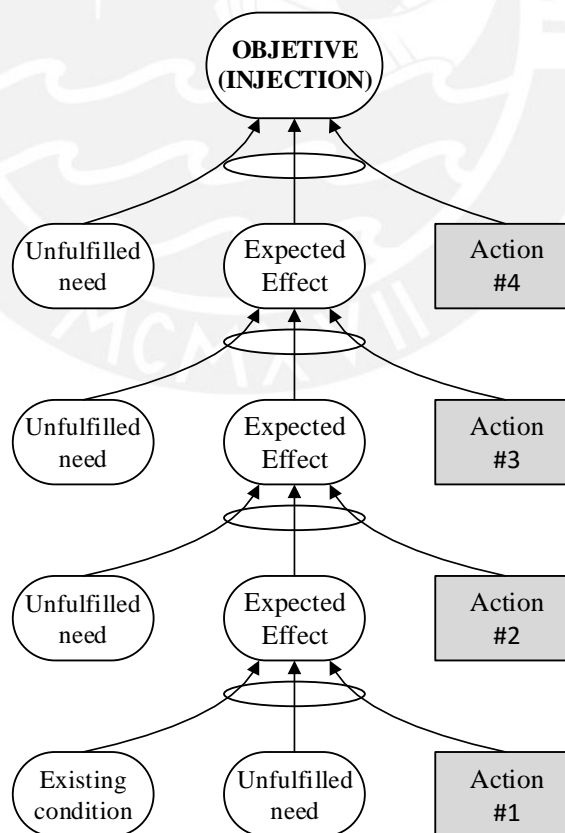


Figura 15. El Árbol de Transición (TT)  
Adaptado de Dettmer (2007)

### 2.3.4. Medición de la Teoría de Restricciones (*TOC*)

#### A. Rendimiento Contable (*Throughput Accounting – TA*)

De acuerdo con Dettmer y Goldratt, *TOC* se basa en el hecho que hay una causa común de muchos efectos que se observa a nivel sistémico o de organización. *TOC* prevé una empresa como un sistema o un conjunto de relaciones interdependientes, con cada relación siendo dependientes de otros de alguna manera. El desempeño global de sistema depende de los esfuerzos combinados de todas las relaciones dentro de la organización. Además hay interrupciones y fluctuaciones estadísticas (variabilidad) que interfieren con la producción y entrega de productos en el siguiente paso del proceso, que definitivamente afecta la entrega a los clientes (Sproull, 2009).

*TOC* asume que la meta de una organización es hacer dinero hoy y en el futuro. Para medir el desempeño de una organización en lograr esta meta, dos conjuntos de indicadores han sido prescritos por Goldratt y Fox (2010): indicadores financieros globales, e indicadores operativos globales. Goldratt explicó que con el fin de juzgar si una organización se está moviendo hacia su meta, tres preguntas deben ser respondidas:

- ¿Cuánto dinero es generado por tu organización?
- ¿Cuánto dinero es invertido por tu compañía?
- ¿Cuánto dinero hay que gastar para hacerlo funcionar?

Con el fin de responder estas preguntas, Goldratt creó su propia versión de contabilidad, comúnmente referido como *TA*, y desarrolló los siguientes indicadores operativos globales (Goldratt & Fox, 2010):

- a) **Rendimiento (*Throughput “T”*)**: la velocidad a la cual una organización genera dinero a través de las ventas. Nótese que es a través de las ventas, no a través de la producción. Si hemos producido algo y no hemos vendido, no es *Throughput*. En tal sentido, *Throughput* representa todo el dinero que ingresa a la compañía, menos lo que paga a sus proveedores o vendedores.

$$T = P - CTV$$

Donde:

T = *Throughput*

P = Precio por unidad de producto

CVT = Costo totalmente variable (costo de materia prima, comisiones de ventas, o cualquier costo relacionado con la venta de un producto).

- b) **Inventario (I):** todo el dinero que el sistema invierte en la adquisición de cosas que pretende vender. Esta definición se desvía de las tradicionales, puesto que excluye el valor agregado de la mano de obra y los gastos generales de fabricación.
- c) **Gastos de Operación (OE):** todo el dinero que el sistema gasta para transformar el stock en rendimiento (*Throughput*). Esta definición incluye los costos de mano de obra directa, suministros, gastos generales, etc.

Adicionalmente, hay tres indicadores financieros globales:

- a) **Beneficio Neto (NP):** es una medida de carácter absoluto, y mide la cantidad de dinero que el sistema está generando. Es definido, como *Throughput* menos gastos de operación.

$$NP = T - OE$$

- b) **Retorno sobre la Inversión (ROI):** es una medida relativa. Es definido, como Beneficio neto dividido entre el inventario.

$$ROI = \frac{NP}{I}$$

- c) **Flujo de Efectivo (CF):** es un indicador de nivel. Cuando tenemos suficiente liquidez, no es importante; cuando no tenemos suficiente, es lo único que importa.

Puesto que los dos conjuntos de indicadores de rendimiento están relacionados, es posible evaluar el impacto de cada uno de los indicadores operativos globales sobre los indicadores financieros globales. Es interesante indicar que Goldratt y Fox (2010) mencionaron que cuando se incrementa el T sin afectar negativamente los I ni los OE, entonces el NP, el ROI, y el CF se incrementan simultáneamente. Logramos el mismo resultado al reducir los OE sin afectar de manera adversa el T o el I. Cuando se analiza el efecto de reducir el I, se observa que el resultado no es el mismo. Reducir el I incrementa solo el ROI y el CF. No tiene un impacto directo sobre el NP. Tradicionalmente los managers enfatizan la reducción de los OE primero, seguido por el aumento del T, y finalmente la reducción del I. Goldratt sugiere que las mayores

ganancias pueden ser realizadas primero aumentando el T, seguido por la reducción del I, y por último la reducción de los OE.

Las compañías de clase mundial están compitiendo cada vez más sobre ventajas competitivas que son de carácter no financiero: tiempo de producción, rotación de inventarios, flexibilidad de procesos, capacidad de respuesta de introducción de productos, etc.; como resultado, existe una falta de coincidencia entre el objetivo de la empresa y las prácticas contables tradicionales, por lo que se sugiere que los sistemas de contabilidad tradicional sean reemplazados por uno que pueda evaluar adecuadamente el efecto de las acciones de gestión de la productividad y la rentabilidad de toda la empresa, y recomendar el uso de los indicadores de desempeño del *TOC* (Rahman, 1998).

#### 2.4. Lean Manufacturing

En el año 1990, los investigadores Womack, Jones y Ross del Instituto de Tecnología de Massachusetts de los Estados Unidos, acuñaron el término *Lean Production* (LP) después de su estudio de referencia titulado “Programa internacional de vehículos de motor”, los cuales investigaron la productividad y las prácticas de administración en la industria del motor involucrando 52 plantas ensambladoras de vehículos en 14 diferentes países alrededor del mundo (Anand & Kodali, 2008).

Según la investigación de Vinodh, Arvind, y Somannathan (2010), *Lean* es un paradigma de fabricación basado sobre los objetivos fundamentales del sistema de producción Toyota (TPS), los cuales están dirigidos en minimizar constantemente el desperdicio (llamado en japonés “*muda*”) para maximizar el flujo.

Dos importantes libros popularizaron el término *Lean*:

- a) *The Machine that Changed the World*, de James Womack, Daniel Jones y Daniel Ross, publicado en 1991 por Simon & Schuster.
- b) *Lean Thinking*, de James Womack y Daniel Jones, publicado en 1996 por Simon & Schuster.

Según Womack y Jones (2003), encontrar cual es el verdadero valor que el cliente desea es muy difícil ya que cada empresa crea su propio valor y cada uno puede tender

a definir el valor en diferentes maneras para satisfacer sus propias necesidades. La primera pregunta en un sistema de producción es ¿qué es lo que el cliente quiere de este proceso? (tanto para el cliente del siguiente proceso dentro de la línea de producción, como para el cliente externo). Esto se define como valor. Es importante observar el proceso y separar los pasos que agregan valor de los que no. El punto es minimizar el tiempo que se gasta en operaciones que no agregan valor mediante el acomodo de herramientas, equipos y materiales tan cerca como sea posible del proceso (Villaseñor & Galindo, 2007).

#### 2.4.1. Principios y Herramientas del *Lean Manufacturing*

Según Womack y Jones (2003) mencionaron que *Lean Manufacturing* tiene un proceso de 6 principios, los cuales se describen a continuación con cada una de sus herramientas:

- Principio 1: Definir el valor
- Principio 2: Identificar la cadena de valor
- Principio 3: Flujo de proceso continuo
- Principio 4: Sistema de producción tipo *Pull*
- Principio 5: Perfección mediante la eliminación de variaciones
- Principio 6: La Agilidad en la implementación del sistema *Lean*

##### **Principio 1: Definir el valor**

Lean identifica valor en tres dimensiones:

- a) **Valor Agregado (VA)** es cualquier actividad que satisface los requerimientos del cliente y que está dispuesto a pagar por ellos. Los clientes esperan que el VA sea seguro, de buena calidad, barato y disponible. Las empresas que tengan la habilidad de entregar VA a sus clientes serán exitosas.

Existe una métrica que sirve para medir la eficiencia de una organización en la entrega de VA, el cual se denomina: eficiencia del ciclo de trabajo (WCE).

$$WCE = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo total del ciclo}}$$

Según Masaki, (1997, citado por Pirasteh, 2010), se refirió a esto como una capacidad de entregar en varias ocasiones solo VA a los clientes. Hay demasiada *muda* entre los momentos de valor añadido, debemos tratar de realizar una serie de procesos, en los que nos podemos concentrar en los procesos de valor añadido y eliminar el tiempo de inactividad que interviene.

**b) Valor Agregado del negocio (BVA)** es una categoría de actividades que el negocio da para sostener su infraestructura, tal como edificaciones, licencias, entrenamiento, sistemas de información, sistemas financieros y evaluaciones. Estas actividades pueden no ser explícitamente identificadas y directamente pagadas por los clientes, pero son esenciales para las operaciones.

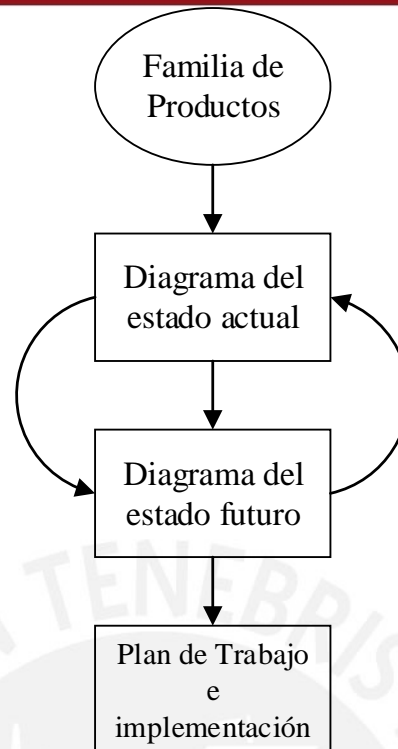
**c) Valor No Agregado (VNA)** El japonés lo define como “muda” o desperdicio, refiere a la energía que se pierde sin ningún beneficio para la empresa. Muda es típicamente no pagado por el cliente, y su existencia degrada la rentabilidad de la empresa. Taiichi Ohno, un ejecutivo de Toyota y ferviente opositor del desperdicio, fue el primero en identificar y clasificar siete tipos diferentes de desperdicios (Liker & Meier, 2006). Estas siete formas de “muda” se deben identificar durante el Value Stream Mapping (VSM) y reducido, eliminado o mejorado. En la Tabla 6, se presenta los siete tipos de desperdicio o muda.

## **Principio 2: Identificar la cadena de valor**

Son todas las acciones necesarias para llevar los productos a partir de un diseño detallado de un pedido hasta su entrega. Para esto es importante trazar el mapa de flujo de valor (Value Stream Mapping), cuya definición se detalla a continuación.

### **a) Value Stream Mapping (VSM)**

Según Krajewski et al. (2008), un mapa de flujo de valor (VSM), es una herramienta cualitativa que se usa mucho en los sistemas esbeltos para eliminar el desperdicio o muda. El mapa de flujo de valor es útil porque crea un “mapa” visual de todos los procesos que intervienen en el flujo de materiales e información en la cadena de valor de un producto. Estos mapas constan de un diagrama de estado actual, un diagrama de estado futuro y un plan de implementación. Las mismas que están representadas en la Figura 16.

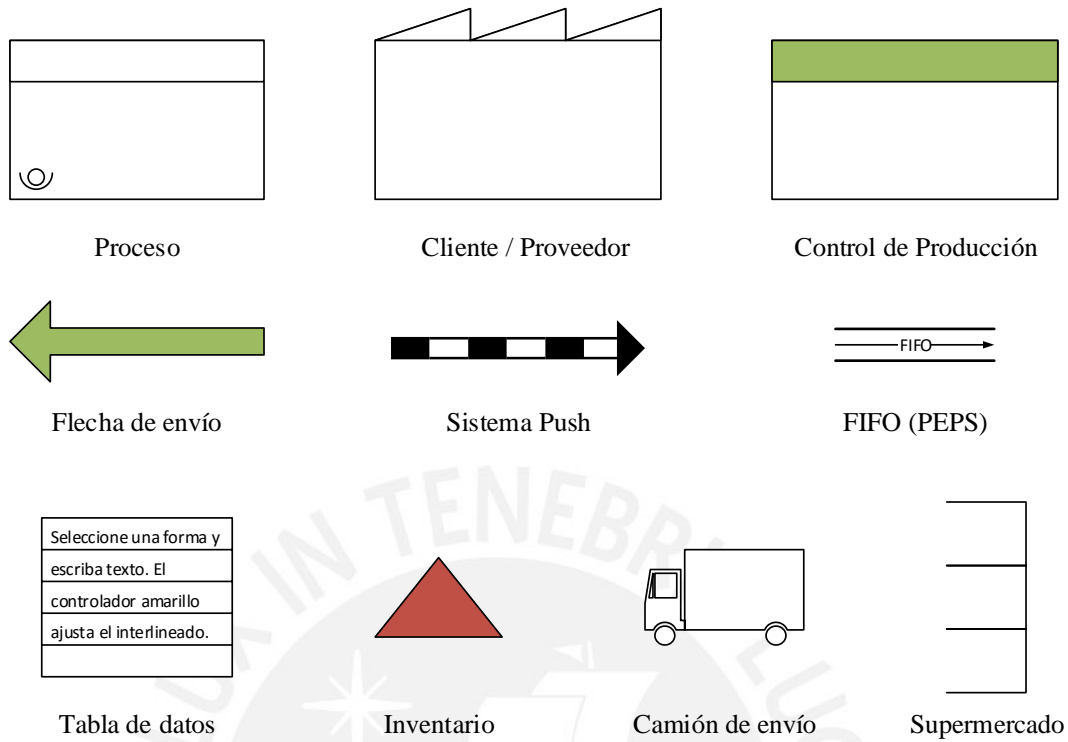


*Figura 16.* Pasos para trazar un mapa de Flujo de Valor  
Adaptado de Krajewski, Ritzman, y Malhotra (2008)

La información para trazar el flujo de materiales y de información se puede recopilar del área de producción incluidos los datos relacionados con cada proceso: tiempo de ciclo (C/T), tiempo de preparación o cambio (C/O), tiempo útil (tiempo de máquinas disponibles bajo demanda, expresado como un porcentaje), tamaño de los lotes de producción, número de personas requeridas para operar el proceso, número de variaciones del producto, tamaño del empaque (para trasladar el producto a la siguiente etapa), tiempo de trabajo (menos descansos), y tasa de desperdicio (Krajewski et al., 2008).

En un mapa de flujo de valor se usa un conjunto de íconos estándar, para representar el flujo de materiales, el flujo de información y la información general (para describir inventarios de seguridad, operadores, etc.). Las mismas que están representadas en la Figura 17.

### Iconos de Flujo de Materiales



### Íconos de Flujo de Información e Íconos Generales

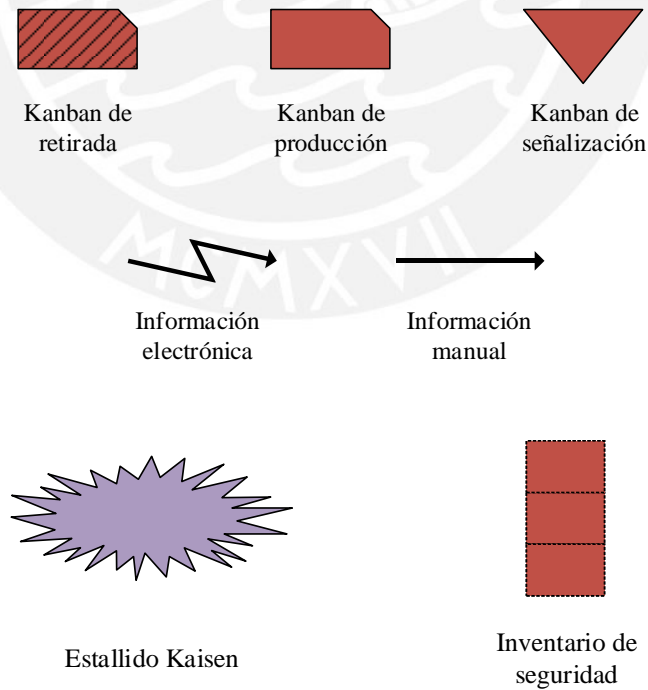


Figura 17. Íconos para representar el Mapa de flujo de valor (VSM)  
Adaptado de Krajewski et al. (2008), & Villaseñor et al. (2007)

Tabla 6.  
*Tipos de Desperdicio “Muda”*

Los siete desperdicios	Definición	Ejemplos	Causas	Construcciones
Sobreproducción	Producir más de lo que el cliente	Producidos para stock basados en proyecciones de ventas. Producir más para evitar set-ups. Proceso de lotes resultando en salidas adicionales.	Proyección Largos Set-ups. Solo en caso de averías.	Programación de sistema Pull. Heijunka – Nivelación de carga. Reducción de los Set-ups. TPM.
Transporte	Movimiento de productos que no agrega valor	Movimiento de partes dentro y fuera del almacenaje. Movimiento de materiales de una estación de trabajo a otra.	Producción en lotes. Empuje de Producción. Almacenamiento. Layout Funcional.	Líneas de flujo. Sistema Pull. Organización del Value Stream. Kanban.
Movimiento	Movimiento de gente que no agrega valor	Búsqueda de partes, herramientas, planos, etc. Clasificación de materiales. Alcanzar herramientas. Levantar cajas de partes.	Desorganización del lugar de trabajo. Artículos perdidos. Diseño pobre del lugar de trabajo. Área de trabajo insegura.	5”S”. Punto de uso de almacenamiento. Flujo de una sola pieza. Diseño de la estación de trabajo.
Tiempo de espera	Tiempo ocioso creado cuando material, información, gente o equipamiento no está listo.	A la espera de partes. A la espera de inspección. A la espera de máquinas. A la espera de información. A la espera de reparación de máquinas.	Empuje de Producción. Trabajo desbalanceado. Inspección centralizada. Retrasos en la entrada de pedidos. Falta de prioridad. Falta de comunicación.	Takt time production. Jidoka. Medición en proceso. Oficina de Mejora continua. TMP.
Sobreprocesamiento	Esfuerzo que no agrega valor desde el punto de vista de los clientes.	Múltiple limpieza de partes. Papeleo. Exceso de tolerancias. Herramientas o diseño de partes erradas.	Retraso entre procesos. Sistema de empuje. La voz del cliente no es entendida. Diseños por encima de la valla.	Líneas de fallas. Oficina de mejora continua. Diseño Lean. Pull de una sola pieza.
Exceso de inventario	Más materiales, parte o productos a mano, de lo que los clientes necesitan.	Materia prima. Trabajo en proceso. Productos terminados. Consumibles. Componentes adquiridos.	Plazos de entrega de proveedores. Falta de flujo. Largos tiempos de Set-ups. Papeleo en proceso. Falta de procedimiento de pedidos.	Kanban externo. Desarrollo de proveedores. Reducción del Set-up. Kanban interno.
Defectos	Trabajo que contiene errores, reproceso, errores o carecen algo necesario.	Merma. Reproceso. Defectos. Correcciones. Variaciones. Piezas faltantes.	Falla de procesos. Proceso en lotes. Inspección en Calidad. Máquinas incapaces.	Gemba Sigma. Poke Yoke. Pull de una sola pieza. Fabricar en calidad. Jidoka.

*Nota.* Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

### Principio 3: Flujo de Proceso Continuo

Esta etapa se enfoca de maximizar el valor produciendo solamente lo que se necesita en el menor tiempo posible utilizando la menor cantidad de recursos necesitados. El mismo que toma en consideración los siguientes puntos:

- Programación del sistema y nivel de carga
- Layout de Producción
- Control estadístico de procesos (CEP)
- El sistema de gestión 5”S”
- Mantenimiento productivo total (TPM)
- Poya Yoke
- Control visual

#### a) Programación del sistema y nivel de carga

En el ambiente Lean las ventas y la programación de producción son los miembros principales del equipo de productos. El enfoque clave es el concepto de takt time.

##### ➤ Takt Time

*Takt* es una palabra en alemán que significa “ritmo”. El Takt Time, marca el ritmo de lo que el cliente está demandando; lo que significa que los ritmos de producción y de ventas están sincronizados.

$$\mathbf{Takt\ Time} = \frac{\mathbf{Tiempo\ de\ Producción\ Disponible}}{\mathbf{Demanda\ del\ Cliente}}$$

El Takt time se calcula en unidades de tiempo, siendo los segundos los más utilizados.

#### b) Layout de Producción

El espacio físico podría facilitar el flujo suave o inhibirlo, basado en cómo está diseñado. Típicamente los flujos de producción, se representan en la Figura 18.

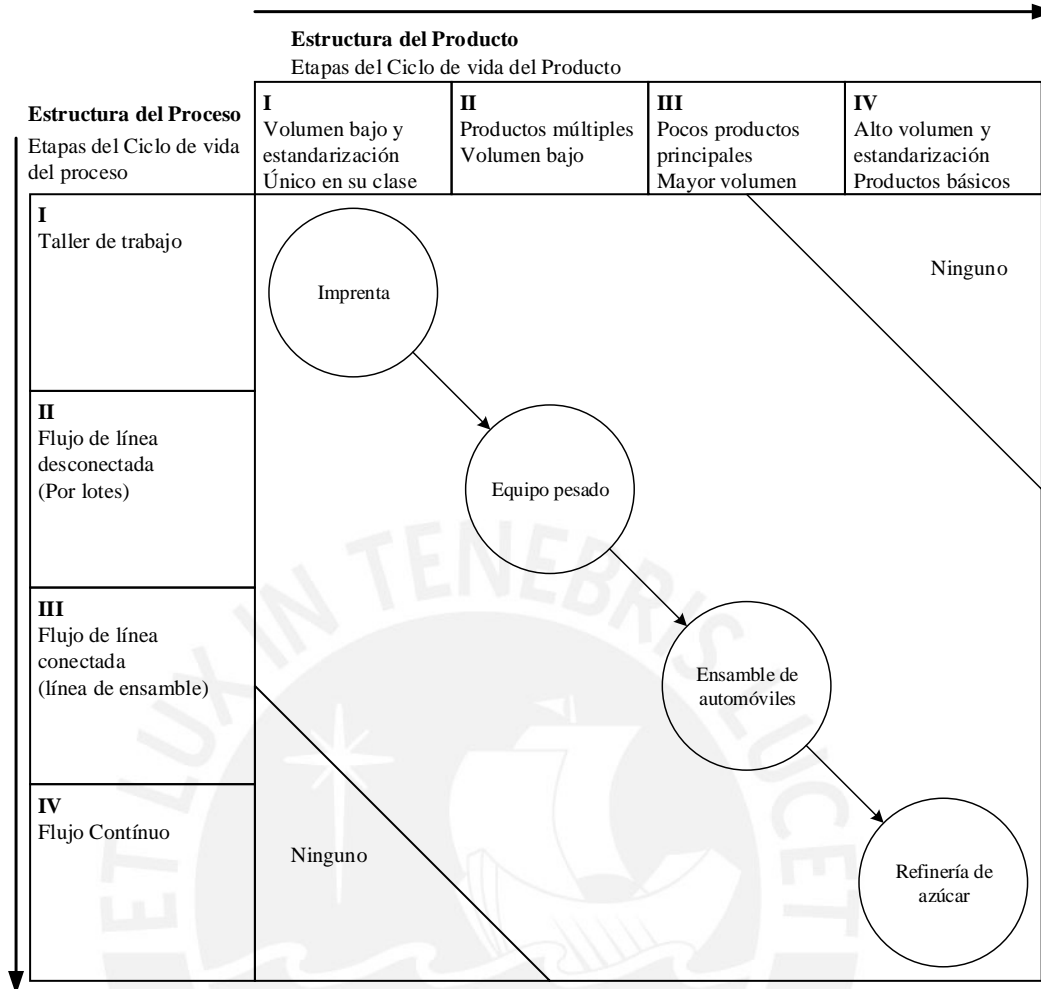


Figura 18. Matriz de Flujo de Procesos  
Adaptado de Hayes y Wheelwright (1979)

Según Pirasteh y Fox (2011), tradicionalmente los *Layouts* de producción se organizan por departamento o tipo de recurso; por lo que algunas máquinas serían sobre-utilizadas y algunas subutilizadas, creando un flujo desbalanceado. Debido a las ineficiencias de transporte entre departamentos, los trabajos tienden a moverse en lotes; acumulando inventario en la planta e incrementando la inversión bloqueada dentro de la operación. Los más grandes niveles de inventario, los tiempos de ciclo de producción más lentos. En este tipo de *Layout*, es común observar los caminos de transporte continuamente cruzándose y creando un flujo de tipo spaghetti.

Una alternativa al *Layout* tradicional es el *Layout* celular. El trabajo de las celdas está organizada alrededor de familias y no alrededor de tipo de máquinas. El trabajo

en celdas juega un rol crítico en el ambiente de Lean Manufacturing, acortando las distancias de transporte enormemente y mejorando el flujo de trabajo.

#### c) **Control estadístico de procesos (CEP)**

Estadísticamente monitorea y controla los procesos, con los que se puede identificar problemas de calidad de los productos en la fuente, reduciendo re-procesos y scrap, que contrariamente impacta en los tiempos de ciclo e inventarios.

Implementando el CEP, con el involucramiento de un buen entrenamiento a los empleados y empoderándolos para tomar acción cuando sea necesario, podría mejorar sustancialmente la confiabilidad de los productos y el flujo de procesos.

#### d) **Sistema de gestión 5 “S”**

Es una técnica japonesa que indica que no se puede trabajar si el lugar de trabajo no se encuentra limpio ni ordenado:

- **Clasificar** (*Seiri*). Distinguir lo que es necesario de lo que no lo es.
- **Ordenar** (*Seiton*). Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
- **Limpiar** (*Seiso*). Establecer métodos para mantener limpio el lugar de trabajo.
- **Mantener** (*Seiketsu*). Mantener la limpieza física y mental en cada empleado.
- **Estandarizar** (*Shitsuke*). Establecimiento de reglas para mantener el orden.

Los principales beneficios de utilizar esta técnica son:

- Mejora de la seguridad.
- Mejora de la moral.
- Propiedad del espacio de trabajo.
- Mejora de la productividad.
- Mejora del mantenimiento.
- Identifica la muda.

#### e) **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Es una serie de métodos de mantenimiento que aseguran que los equipos de los procesos estarán siempre disponibles cuando se necesiten, durante el tiempo que se necesiten, con la mínima cantidad de tiempo de inactividad (Sproull, 2009).

Un flujo de proceso continuo y suave, mejor se puede establecer cuando todos los equipos funcionan apropiadamente y las averías y tiempos de parada son minimizados. PM establece las reglas base para el mantenimiento y conservación sistemática de las máquinas. Algunos de los programas exitosos de PM, han involucrado a los empleados como dueños del proceso para verificar y realizar las funciones de mantenimiento más simple en los equipos que ellos usan.

#### f) Poka Yoke

Esta técnica reduce la intervención y juicio humano para prevenir errores, y el resultado es convertir a un proceso rápido y menos costoso (Pirasteh & Fox, 2011). Hay muchas definiciones de *Poka Yoke*, pero siempre tendrá entre sus atributos el mecanismo para detectar, eliminar, y corregir errores en la fuente, antes que lleguen al consumidor (Abreu, Duarte, & Vidor, 2012).

#### g) Control Visual

Son controles visuales que describen la seguridad en el lugar de trabajo, rendimiento de la producción, flujo de materiales, métricas de calidad, o cualquier otra información. El Control Visual proporciona una retroalimentación a un área dentro de la empresa. El Control Visual es cualquier dispositivo de comunicación en el ambiente de trabajo que nos dice, echándole un vistazo, cómo debería hacerse el trabajo y si se desvía del estándar. Ayuda a los empleados que quieren hacer bien su trabajo a ver cómo lo están haciendo (Liker, 2010).

Un sistema impulsado por la demanda, juega un rol importante en la creación de un flujo de producción suave. Según Pirasteh y Fox (2011), un concepto celular en un ambiente de producción minimizaría las interrupciones de los procesos, acumulación de trabajo en proceso e inventarios, y mejoraría la calidad de los productos y el tiempo de ciclo. Un flujo suave requiere un sistema impulsado por la demanda (*Pull*), en lugar de un sistema impulsado por la producción (*Push*).

#### **Principio 4: Sistema de producción tipo *Pull***

Una de las famosas frases del ejecutivo más influyente que tuvo Toyota, Taiichi Ohno fue: “Cuanto más inventario tenga la compañía, menos probable será tener aquello que se requiere” (Liker, 2010). Es interesante indicar que Liker (2010)

mencionó que en el modelo Toyota, *Pull* significa el estado ideal de fabricación *Just In Time*; entregando al cliente (que debería ser el siguiente paso en el proceso de producción) lo que desea, cuando lo quiere y en la cantidad que desee. La forma más pura existente de *Pull* es el flujo pieza a pieza.

En el sistema *Pull* los recursos serán activados solo para producir lo que es demandado, o jalado, por el cliente, no más, ni menos (Pirasteh & Fox, 2011). La idea es que cada estación de trabajo deba estar en la capacidad de determinar las necesidades de los clientes, es por ese motivo, que Ohno necesitaba una metodología para indicar que la línea de montaje había usado las piezas y necesitaba más. Utilizó como señales simples tarjetas, contenedores vacíos, carros vacíos llamados *Kanban*.

#### a) Sistema de tarjetas *Kanban*

Una definición interesante de Womack y Jones (2003) mencionaron que es una Tarjeta situada en las cajas de piezas que regula la demanda interna en el sistema de producción de Toyota, al indicar la producción y entregas que hay que realizar aguas arriba. *Kanban* significa señal, cartel, placa, póster, cartelera, tarjeta; pero es adoptado en términos generales como una señal de cualquier tipo. Enviar hacia atrás un contenedor vacío – un *Kanban* – es una señal para rellenar con un número específico de piezas, y en Toyota se conoce como *Kanban System* (sistema *Kanban*), para gestionar y asegurar el flujo y la producción de materiales en un sistema de producción *Just In Time* (Liker, 2010).

$$k = \frac{\text{Demanda esperada durante el tiempo} + \text{Stock de seguridad}}{\text{Tamaño del contenedor}}$$

$$k = \frac{DL + (1 + S)}{C}$$

Donde:

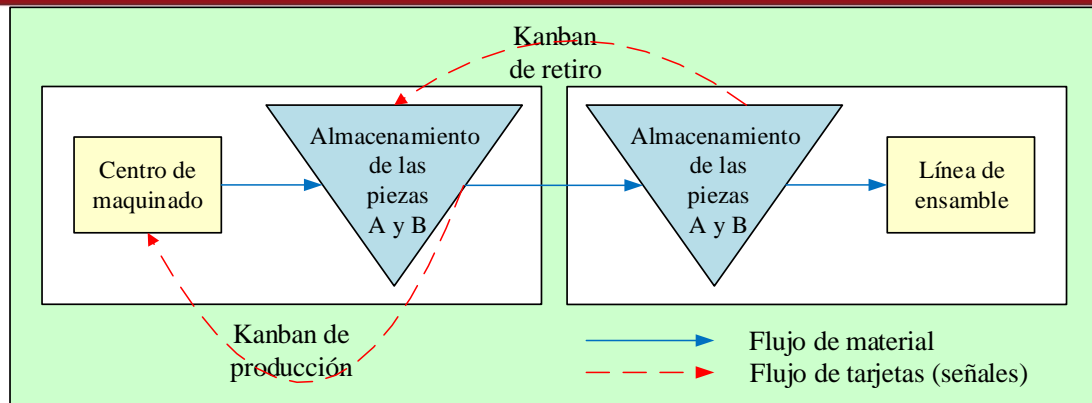
$k$  = número de grupos de tarjetas *Kanban*

$D$  = número promedio de unidades demandadas por periodo

$L$  = tiempo de entrega de un pedido

$S$  = existencia de seguridad expresadas como un porcentaje de la demanda durante el tiempo de entrega

$C$  = tamaño del contenedor



*Figura 19. Mecanismo del Sistema Kanban*  
Adaptado de Chase, Jacobs, y Aquilano (2009)

En la Figura 19, se muestra una línea de ensablado que recibe las piezas de un centro de maquinado. El centro de maquinado hace dos piezas, A y B. Estas dos piezas se almacenan en contenedores localizados junto a la línea de ensablado y junto al centro de maquinado. Cada contenedor junto a la línea de ensablado tiene un *Kanban* de retiro, y cada uno de los que están junto al centro de maquinado tiene un *Kanban* de producción. Esto se conoce a menudo como un sistema *Kanban* de dos tarjetas.

Según Pirasteh y Fox (2011) mencionaron que el Sistema de Producción Toyota identifica cuatro áreas clave:

1. Todo trabajo debe ser muy específico en cuanto a contenido, secuencia, oportunidad y resultado.
2. Todas las conexiones Cliente-Proveedor deben ser directas, y debe ser inequívoco sí o no hay manera de enviar solicitudes y recibir respuestas.
3. El camino para todos los productos y servicios deben ser simple y directo.
4. Cualquier mejora debe ser hecha en conformidad con el método científico, bajo la dirección de un maestro, en el nivel más bajo posible de la organización.

Un sistema *Pull* exitoso requiere lo siguiente:

- Operaciones vinculadas.
- Capacidades de las estaciones de trabajo equilibradas.
- Rediseñar el *Layout* para el flujo.
- Énfasis en mantenimiento preventivo.
- Reducción del tamaño de los lotes.
- Reducción de los tiempos de *Setup* y cambios.

El aseguramiento de la Calidad es un elemento importante del proceso, y un sistema *Pull* no funcionaría apropiadamente en su ausencia. Por lo tanto, un sistema *Pull* también requiere:

- Responsabilidad de los trabajadores, quienes deben percibirse ellos mismos como dueños del proceso y aceptar responsabilidad de su área de trabajo y de la calidad.
- Medir el control estadístico de procesos (CEP), debería permitir a los empleados en tiempo real atender los problemas de calidad y constantemente monitorear su rendimiento de la calidad del proceso.
- Cumplimiento forzado, todas las normas y los procedimientos de operación estándar deben ser seguidos todo el tiempo para asegurar la consistencia de los procesos.
- Métodos a prueba de fallos.
- Inspección automática, ha sido probado que la inspección visual humana es el mejor 80% de confianza. Este sistema tiene la capacidad de ser más repetible con menos errores y variabilidad.

El sistema *Pull* también demanda un cronograma confiable con algún horizonte congelado para la producción. Por lo tanto, se vuelve a consultar a los clientes y proveedores para tener una relación mucho más estrecha y una comprensión más profunda de las demandas, expectativas y programaciones. Los sistemas *Pull* intentan jalar valor en búsqueda de la perfección.

### **Principio 5: Perfección mediante la eliminación de variaciones**

En una definición interesante de este quinto principio, Pirasteh y Fox (2011) mencionaron que en esta fase, el proceso de mejora necesita ser afinado mediante la eliminación de variaciones. Reduciendo variabilidad de los resultados en procesos previsibles y precisos. En esta etapa del proceso la mayoría de la *muda* ha sido descubierto y eliminado; todo el Valor Agregado (VA) y el Valor Agregado del Negocio (BVA) son precisamente identificados para procesos específicos. Después de remover el Valor no Agregado (VNA), la cadena de valor del proceso debe contener solo VA. Este VA necesita fluir como un río suave, mientras es tomado por el cliente final. Esto representaría un sistema impulsado por la demanda que está libre de desperdicio, y los flujos de la fuente para el cliente sin mayores turbulencias e interrupciones.

Un sistema impulsado por la demanda, minimiza los tiempos de ciclo e inventarios, y mejora la calidad. Esta es la etapa correcta para desarrollar procedimientos de operación estándar y colocar herramientas para controlar la precisión y repetibilidad. Las herramientas utilizadas oscilarían entre el Control Estadístico de Procesos (CEP), Checklists, gráficos de control (X bar & R, etc.) y sistema *Poka Yoke*.

Establecer la perfección antes de esta etapa puede ser un desperdicio de recursos y esfuerzo, porque los procesos pueden no estar en su ajuste óptimo; así mismo, crearía componentes de VNA. Los japoneses toman el camino de la perfección de dos maneras; el primer enfoque es *Kaizen* o esfuerzo de mejora continua progresiva; y el segundo enfoque es *Kaikaku* o a través del tiempo, que es el camino radical a la perfección.

#### **Principio 6: Agilidad en la implementación del sistema *Lean***

Todo el proceso de *Lean* está enfocado en eliminar desperdicios e introducir rentabilidad y competitividad en el negocio. Por lo tanto, la velocidad de la implementación juega un rol crítico en posicionar a la empresa para tomar ventaja de su desempeño *Lean*. Implementación lenta advierte a la competencia y quita el elemento sorpresa. La implementación *Lean* cuando se sigue con propiedad, es un método rápido de mejora de procesos, porque activa todos los recursos involucrados en el proceso (Womack & Jones, 2003).

A pesar de que algunos negocios están adoptando la metodología *Lean*, pocos han tenido éxito en lograr el nivel de mejora de desempeño esperado. Algunas medidas que deben abordarse incluyen:

- Implementación inicial y planificación.
- Establecimiento de urgencia.
- Visión.
- Requisitos de formación y enfoque.
- Establecimiento de objetivos.
- Selección de métricas correctas.
- Identificación de facilitadores y obstáculos en herramientas *Lean* clave, incluyendo *Value Stream Mapping*, trabajo en equipo, empoderamiento y *Kaizen*

- Creación de una metodología de gestión de proyectos eficaz y enfoque.

Con frecuencia el deseo de mejorar el resultado final es vago durante la implementación inicial; a menudo hay una incapacidad para comprender y articular claramente el deseo de tres elementos críticos:

- Satisfacción de los clientes.
- Factores humanos.
- Factores clave financieros.

El foco en la satisfacción de los clientes recibe una gran cantidad de buenos deseos, pero por lo general es secundario frente a las necesidades financieras de los propietarios y accionistas. En la Figura 20, se presenta el Sistema de Producción Toyota.

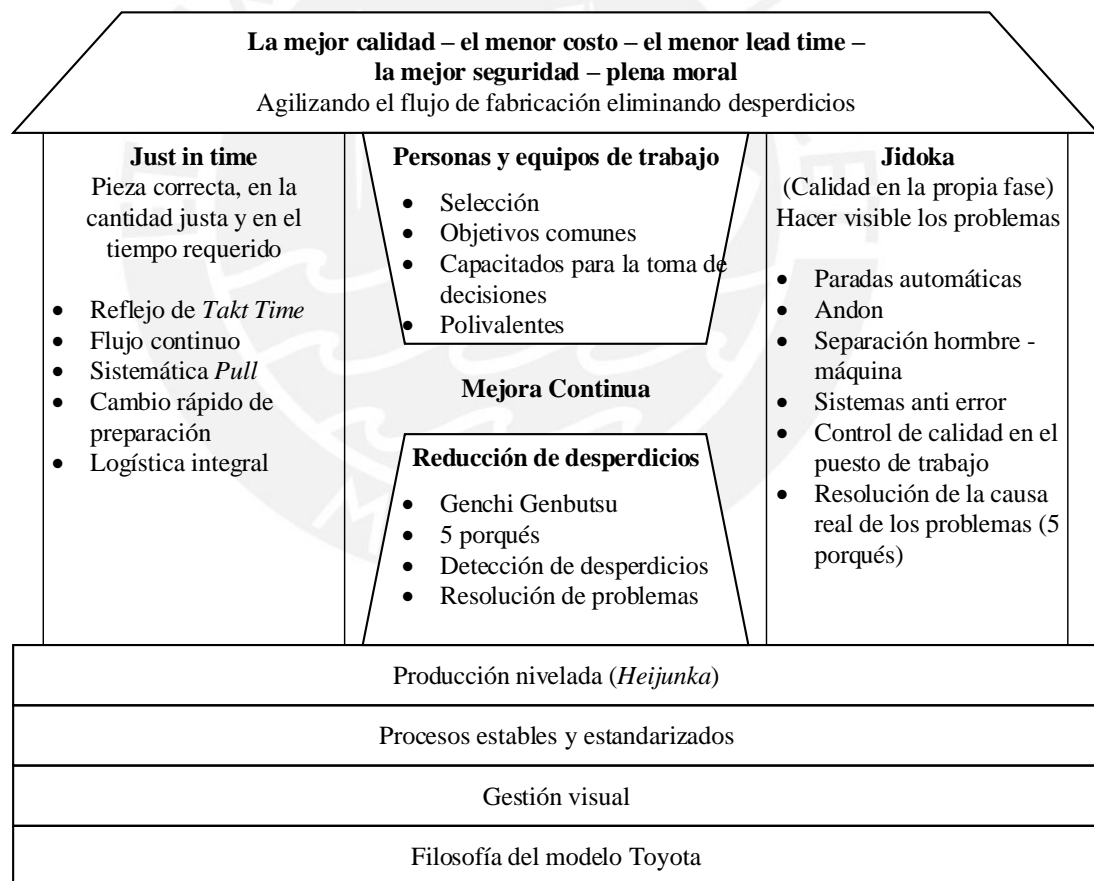


Figura 20. El Sistema de Producción Toyota  
Adaptado de Liker (2010)

El éxito del modelo Toyota, consistió en darse cuenta del área de oportunidad que se tiene al ver los desperdicios dentro del proceso. Sin lugar a dudas, el punto más

importante es el significado que se le da a la gente dentro de este sistema, ya que sin soporte, cualquier herramienta, por bien implementada que esté, nunca funcionará como la empresa lo desea (Villaseñor & Galindo, 2007).

## 2.5. Seis Sigma ( $6\sigma$ )

Seis Sigma (*Six Sigma* en inglés) es un concepto que fue originado por Motorola Inc. en los Estados Unidos aproximadamente en 1985. En el momento, que se enfrentaban a la amenaza de la competencia japonesa en el industria electrónica y necesitaron hacer mejoras drásticas en sus niveles de calidad. *Six Sigma* fue un camino para Motorola para expresar su meta de calidad de 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO), donde oportunidad es la posibilidad de que ocurra un defecto (Linderman, Schroeder, Zaheer, & Choo, 2003).

*Six Sigma* ha sido caracterizado como la última moda de la gestión para empaquetar los principios de administración de la calidad, prácticas, herramientas y técnicas antiguas. A primera vista, *Six Sigma* se ve muy similar a los anteriores enfoques de gestión de la calidad; Sin embargo, las organizaciones líderes con una trayectoria en calidad, han adoptado *Six Sigma* y afirmado que han transformado sus organizaciones (Schroeder, Linderman, Liedtke, & Choo, 2008).

*Six Sigma* es definido por Linderman et al. (2003), como un método organizado y sistemático para mejora de procesos estratégicos y desarrollo de nuevos productos y servicios, que se basa en métodos estadísticos y en el método científico para hacer reducciones drásticas en las tasas de defectos definidos por los clientes. Un paso clave para cualquier esfuerzo de mejora en *Six Sigma* es determinar exactamente que requiere el cliente y luego definir los defectos en cuanto a sus parámetros “críticos para la calidad”.

El crédito por acuñar el término *Six Sigma* va para un ingeniero de Motorola llamado Bill Smith. *Six Sigma* es una marca comercial registrada de Motorola; el cual lo ayudó a darse cuenta de los poderosos resultados finales; de hecho, la corporación ha documentado más de \$ 16 mil millones en ahorros como un resultado de los esfuerzos de *Six Sigma* (Pirasteh & Fox, 2011).

Cientos de compañías alrededor del mundo han adoptado *Six Sigma* como un camino para hacer negocios; y este es un resultado directo de muchos líderes que abiertamente alaban los beneficios de *Six Sigma*. Dos de estos líderes de la industria son Larry Bossidy de Allied Signal (ahora Honeywell), y Jack Welch de General Electric. *Six Sigma* ha evolucionado, y es más que solo un sistema de calidad como TQM o ISO. *Six Sigma* puede ser visto como una visión, una filosofía, un símbolo, una métrica, una meta, o una metodología. En la Figura 21, se muestra la evolución del sistema *Six Sigma*.

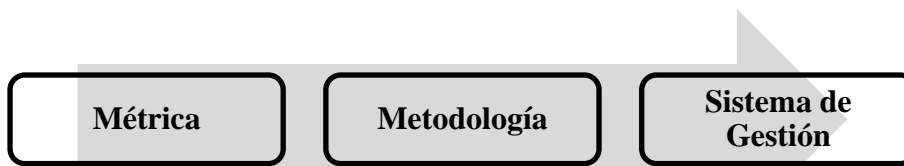


Figura 21. Evolución del Six Sigma  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

### 2.5.1. Base Estadística de *Six Sigma*

Según mencionaron Pirasteh y Fox (2011), las raíces de *Six Sigma* se remontan a Carl Frederick Gauss (1777 – 1855), quien introdujo el concepto de curva normal. *Six Sigma* como una medida estándar en la variación de productos se remonta a la década de 1920, cuando Walter Shewhart mostró que Three Sigma (desviaciones estándar) de una media ( $\mu$ ) es el punto donde un proceso requiere corrección.

Una de las ventajas del pensamiento *Six Sigma*, es que se puede describir fácilmente el desempeño de un proceso en términos de su variabilidad y comparar varios procesos usando una medida común. Esa medida común es: defectos por millón de oportunidades (DPMO). El cálculo requiere tres datos:

1. **Unidad:** el artículo producido o el servicio ofrecido.
2. **Defecto:** cualquier artículo o suceso que no cumpla con los requisitos del cliente.
3. **Oportunidad:** Posibilidad de que ocurra un defecto.

Para calcularlo directamente, se utiliza la siguiente fórmula:

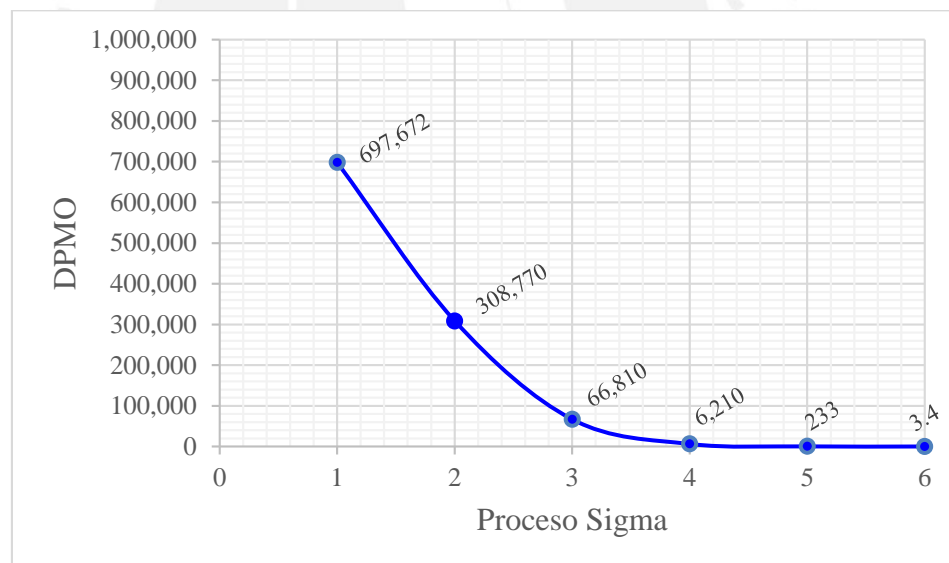
$$DPMO = \frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de oportunidades de error por unidad} \times \text{número de unidades} \times 1'000,000}$$

En la Tabla 7, se presenta la relación de los DPMO con los valores sigma. Si una organización desea obtener un nivel  $6\sigma$ , la cantidad de defectos de sus productos y/o servicios no deberán ser mayores a 3.4 por millón de oportunidades, y así sucesivamente, según los objetivos de calidad trazados de cada organización.

Tabla 7.  
*Defectos por millón de oportunidades (DPMO)*

Sigma	DPMO	Costo de Calidad	Clasificación
6	3.4	< 1% Ventas	Clase Mundial
5	233	5-15% Ventas	
4	6,210	15-25% Ventas	Promedio
3	66,810	25-40% Ventas	
2	308,770	No se aplica	No Competitivo
1	697,672		

*Nota.* Adaptado de Sproull (2009)



*Figura 22.* Tasa de defectos (DPMO) versus Nivel de proceso sigma  
Adaptado de Linderman, Schroeder, Zaheer, y Choo (2003)

En la Figura 22, se presenta el proceso sigma Vs. DPMO. El cual indica, que para un proceso sigma de 1, la cantidad de DPMO será de 697,672. Para un proceso sigma de 6, la cantidad de DPMO será de 3.4.

### A. La Media

Es la suma de las observaciones dividida entre el número total de observaciones.

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

Donde:

$x_i$  = valor observado

$n$  = número total de valores observados

### B. La Desviación Estándar

Es la raíz cuadrada de la varianza de una distribución.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

Donde:

$x_i$  = valor observado

$\mu$  = media

$n$  = número total de valores observados

Se utiliza el término *Six Sigma* porque la mayoría de las distribuciones con que nos encontramos en la práctica, se aproximan a la forma de campana de Gauss. Si la medida del proceso se puede controlar en  $1.5\sigma$  de la meta, se puede esperar un máximo de 3.4 defectos por millón. En la Figura 23, se presenta el proceso Six Sigma con desplazamiento de  $1.5\sigma$ .

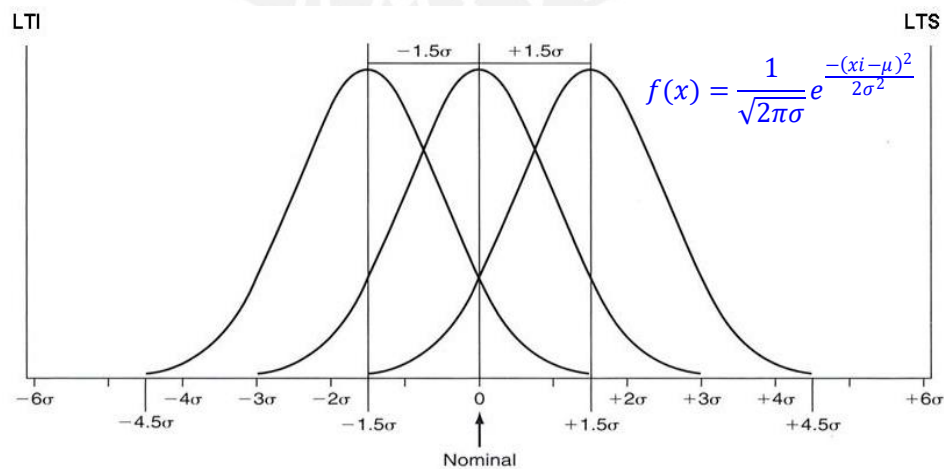


Figura 23. Proceso Six Sigma con desplazamiento de  $1.5\sigma$   
Adaptado de Evans y Lindsay (2008), & Montgomery y Runger (2009)

Para el cálculo del nivel sigma de un proceso, se puede utilizar la siguiente fórmula, que toma en consideración los DPMO y el inverso de la desviación estándar acumulativa.

$$\text{Nivel } \sigma = \text{DISTR. NORM. ESTAND. INV.} \left( 1 - \frac{\text{DPMO}}{1'000,000} \right) + 1.5$$

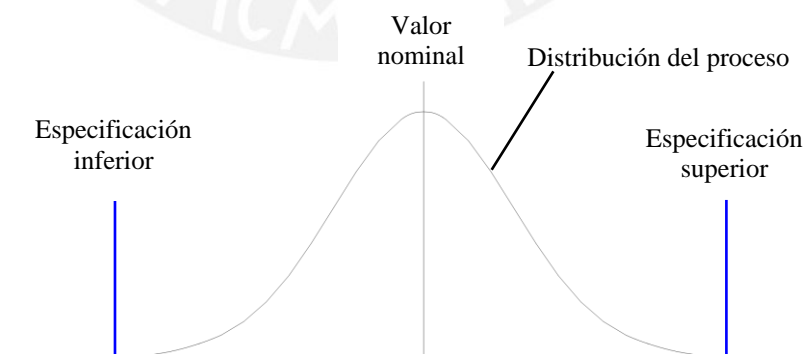
Donde:

*DISTR. NORM. ESTAND. INV.* = el inverso de la distribución normal estándar acumulativa

*DPMO* = defectos por millón de oportunidades

### C. Capacidad de Proceso

Según lo indicado por Krajewski et al. (2008), la capacidad de proceso, se refiere a la capacidad de un proceso para ajustarse a las especificaciones de diseño de un producto o un servicio dado. Las especificaciones de diseño se expresan a menudo como un valor nominal, u objetivo; y como una tolerancia, o margen aceptable por encima o por debajo del valor nominal. En la Figura 24, se representa como un proceso es capaz, donde cumple con las especificaciones de la calidad del producto y/o servicio. Por otro lado, en la Figura 25, se representa como un proceso no es capaz, debido a que no cumple con las especificaciones de la calidad del producto y/o servicio.



*Figura 24.* El proceso es capaz  
Adaptado de Krajewski et al. (2008)

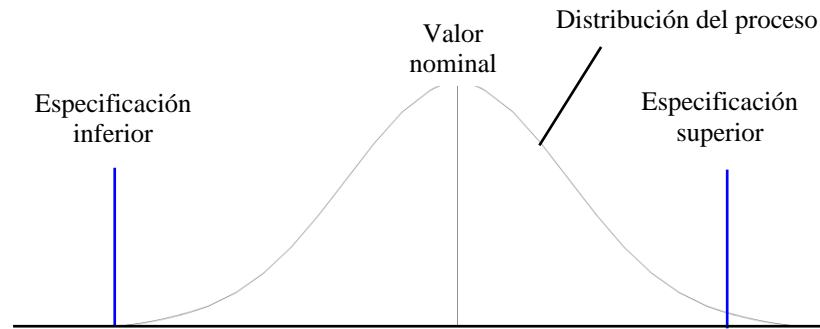


Figura 25. El proceso no es capaz  
Adaptado de Krajewski et al. (2008)

Para determinar en términos cuantitativos si un proceso es capaz, generalmente se utilizan dos mediciones para evaluar la capacidad de un proceso: la razón de capacidad de proceso y el índice de capacidad de proceso.

#### a) Razón de capacidad de proceso

Un proceso es *capaz* si tiene una distribución de proceso cuyos valores extremos se localizan dentro de las especificaciones superior e inferior para un producto o servicio. Si un proceso es capaz, la diferencia entre la especificación superior y la inferior, conocida como *amplitud de tolerancia*, debe ser mayor que seis desviaciones estándar (variabilidad del proceso).

$$C_p = \frac{\text{Especificación superior} - \text{Especificación inferior}}{6\sigma}$$

Donde:

$\sigma$  = desviación estándar de la distribución del proceso

Un valor  $C_p$  de 1, implica que una empresa está produciendo calidad  $3\sigma$ . Las empresas que se esfuerzan por obtener una calidad mayor que  $3\sigma$ , usan un valor crítico para la razón que es superior a 1. Si una empresa se ha fijado como objetivo la calidad  $6\sigma$  usará 2, si su objetivo de calidad es  $5\sigma$  usará 1.67, y si su objetivo de calidad es  $4\sigma$  usará 1.33.

#### b) Índice de capacidad de proceso

El proceso es capaz solamente cuando la razón de capacidad es mayor que el valor crítico y la distribución del proceso se centra en el valor nominal de las

especificaciones de diseño. Este cálculo ayuda a medir el potencial del proceso para generar productos que se ubiquen fuera de la especificación superior o inferior.

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{\bar{x} - \text{Especificación inferior}}{3\sigma}, \frac{\text{Especificación superior} - \bar{x}}{3\sigma} \right]$$

Donde:

$\bar{x}$  = media del proceso

$\sigma$  = desviación estándar de la distribución del proceso

Se elige el valor mínimo de las dos razones porque representa la situación que ocurriría en el peor caso posible. Si  $C_{pk}$  es mayor que el valor crítico – digamos 1.33 para calidad  $4\sigma$  – y la  $C_p$  también es mayor que el valor crítico, podemos afirmar por fin que el proceso es capaz.

El  $C_{pk}$  siempre será menor o igual que la  $C_p$ . Debido a esto el  $C_{pk}$  puede usarse como primera verificación de la capacidad de un proceso; si el  $C_{pk}$  pasa la prueba el proceso puede declararse capaz. Si no aprueba, deberá calcularse la  $C_p$  para ver si la variabilidad de éste es la causa del problema. Cuando  $C_{pk}$  es igual a  $C_p$ , el proceso está centrado entre las especificaciones superior e inferior, por lo cual la media de la distribución del proceso está centrada en el valor nominal de las especificaciones de diseño (Krajewski et al., 2008). En la Tabla 8, se presenta la relación entre  $C_p$ , DPMO, y nivel *Six Sigma*.

Tabla 8.

*Relación entre Capacidad de Proceso ( $C_p$ ), DPMO, y nivel Six Sigma*

$C_p$	DPMO	Nivel $\sigma$
1.00	66,810	3
1.33	6,210	4
1.50	1,350	4.5
1.67	233	5
1.83	32	5.5
2.00	3.4	6

*Nota.* Adaptado de Pirasteh (2011)

### 2.5.2. Metodología Six Sigma

*Six Sigma* usa un método estructurado para la mejora de procesos, que sigue el modelo del ciclo PDCA (Linderman et al., 2003, & Schroeder et al., 2008). Un método familiar utiliza: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC) como los cinco pasos en la mejora de procesos. Además Schroeder et al. (2008) agregó que el método DMAIC es consistente con los pasos de la resolución de problemas del modelo PDCA, y pone más énfasis en la integración de herramientas específicas en cada paso del método; tales como FMEA, gráficas de causa efecto, control estadístico de procesos, etc. Investigadores como Chakravorty (2009) consideró la metodología DMAIC como el método científico en programas *Six Sigma*; en tanto, De Mast y Lokkerbol (2012) consideraron el método DMAIC de Six Sigma como un método general, cuya tarea es el dominio de la reducción de la variación, especialmente en un proceso de fabricación.

Con la intención de conducir los procesos para llevar a cabo niveles de 3.4 DPMO, es necesario desarrollar una estructurada hoja de ruta para resolver problemas y las herramientas para lograr estos. Motorola en 1987 desarrolló las metodologías DMAIC y DFSS (Design for *Six Sigma*). En la Figura 26, se presenta el ciclo DMAIC de *Six Sigma*.

#### 1. Definir (D)

- Identificar las prioridades de los clientes.
- Identificar un proyecto adecuado basado en los objetivos de la empresa.
- Identificar las características cruciales para la calidad (CTQ: critical to quality) que el cliente considera que influyen más en la calidad.

#### 2. Medir (M)

- Determinar cómo medir el proceso y cómo se ejecuta.
- Identificar y medir los procesos para determinar el desempeño actual.

#### 3. Analizar (A)

- Determinar las causas más probables de los defectos.
- Entender por qué se generan los defectos identificando las variables clave que tienen más probabilidades de producir variaciones en los procesos.

#### 4. Mejorar (I)

- Mejorar el proceso para eliminar defectos.
- Confirmar las variables clave y cuantificar sus efectos en las características cruciales para la calidad.

- Identificar los márgenes máximos de aceptación de las variables clave y un sistema para medir las desviaciones de dichas variables.
- Modificar los procesos para estar dentro de los límites apropiados.

### 5. Controlar (C)

- Determinar cómo mantener las mejoras.
- Fijar herramientas para que las variables clave se mantengan dentro de los límites máximos de aceptación en el proceso modificado.

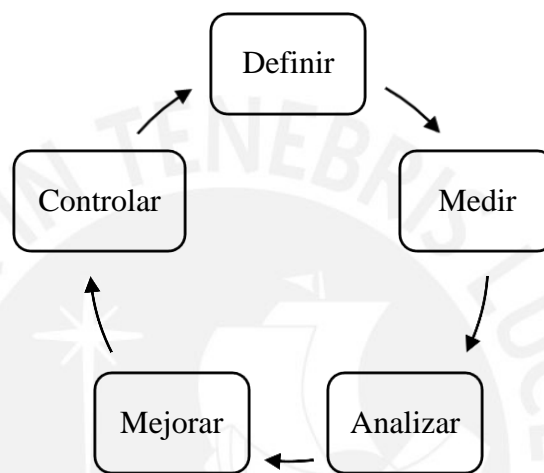


Figura 26. El Ciclo DMAIC  
Adaptado de Krajewski et al. (2008)

### 2.5.3. Herramientas Analíticas para Six Sigma

El método de Six Sigma se basa principalmente en su estructura disciplinada y en el uso de herramientas y técnicas estadísticas. Sin embargo el uso exagerado de análisis de datos, puede saturar al analista en un mar de datos y a veces pierden mucho tiempo analizando datos que no representan ninguna iniciativa de mejora. Las empresas deben de tener cuidado en recopilar y analizar más datos de los que necesitan para realizar mejoras en sus procesos. Por eso es necesario conocer y usar herramientas que nos permitan mejorar los procesos, los que son detallados en la Figura 27.

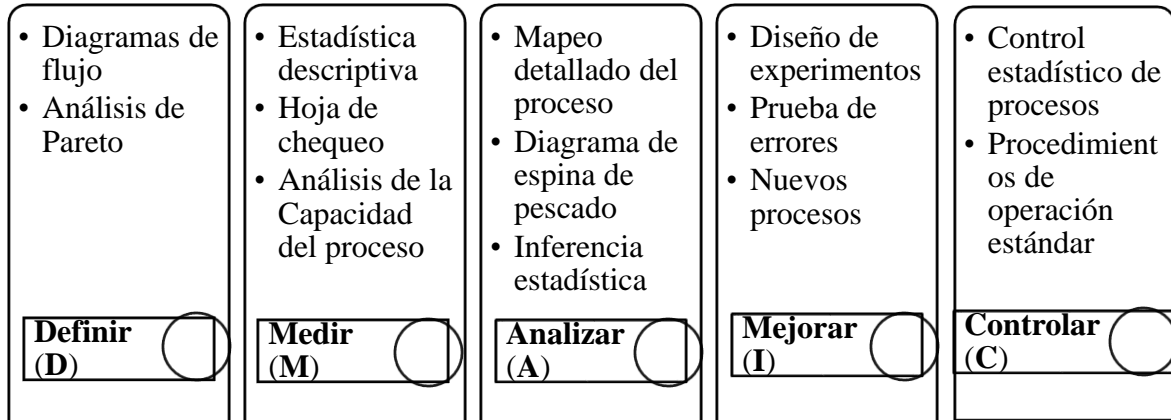


Figura 27. Herramientas para Six Sigma  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

## 2.6. Comparación de los Sistemas Lean, Six Sigma y TOC

De acuerdo a Sproull (2009) esto nos lleva a una importante pregunta: ¿Por qué han fracasado tanto las iniciativas *Lean*, *Six Sigma* y *TOC*? Algunos autores han fijado que las metodologías *Lean* y *Six Sigma* están en desacuerdo o se contradicen con la filosofía *TOC*. Mientras otros autores sostienen que *Lean* y *Six Sigma* son solo complementos del *TOC*. De la misma manera, el éxito en las iniciativas *Lean* y *Six Sigma* es impulsado por la adopción de *TOC* como base para la mejora, porque *TOC* suministra ambos puntos de enfoque y la influencia necesaria para una verdadera mejora.

Si se observa la actividad principal de cada metodología, se puede identificar que las tres se complementan. Las entregas principales de cada metodología cubre la mayor gama de mejoras: Pocos defectos, menos variación, menos merma, ciclos rápidos, y capacidad mejorada. Finalmente el impacto financiero de cada una de estas tres metodologías (reducir los gastos operativos, reducir el inventario e incrementar el *Throughput* e ingresos) conlleva a mayores beneficios para la empresa.

En la Tabla 9, se muestra la comparación de estas tres metodologías, donde se hace un resumen de sus principales actividades, el método que utilizan, el área principal de enfoque, y sus objetivos.

Tabla 9.  
*Comparación del Six Sigma, Lean y TOC*

Metodología	Six Sigma	Lean Manufacturing	TOC
<b>Actividad Principal</b>	Reducción de variaciones y defectos	Eliminación de desperdicios	Gestión de restricciones
<b>Método definido</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir</li> <li>2. Medir</li> <li>3. Analizar</li> <li>4. Mejorar</li> <li>5. Controlar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir el valor.</li> <li>2. Identificar la cadena de valor.</li> <li>3. Desarrollar el flujo de valor.</li> <li>4. Jalar a la demanda del cliente.</li> <li>5. Persuadir la perfección.</li> <li>6. Agilidad</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar la restricción.</li> <li>2. Explotar la restricción.</li> <li>3. Subordinar todo lo demás a la restricción.</li> <li>4. Elevar la restricción.</li> <li>5. Volver al paso 1 con otras restricciones.</li> </ol>
<b>Enfoque Principal</b>	Definir y resolver problemas	Mejorar los procesos	Optimizar el sistema
<b>Objetivo Principal</b>	Fiabilidad y Previsibilidad	Simplificación de procesos	Definiendo y aplicando el enfoque correcto
<b>Entrega Principal</b>	Pocos defectos y menos variación	Menos desperdicio y ciclos más rápidos	Capacidad mejorada
<b>Impacto financiero</b>	Se reduce los gastos operativos	Se reduce el inventario y gastos operativos	Incremento del Throughput e ingresos

*Nota.* Adaptado de Sproull (2009)

El fracaso de la implementación no es la iniciativa en sí, el fracaso no es porque *Lean*, *Six Sigma* o *TOC* no son buenas metodologías de mejora continua. Realmente se trata de un tema de planificación, ejecución, enfoque y apalancamiento. Muchas de estas iniciativas fracasan por dos razones principales: Primero; el alcance o tamaño de la iniciativa va más allá de la capacidad de los recursos disponibles y Segundo: Las empresas generalmente fallan en reconocer sus puntos de apalancamiento. En la Tabla 10, se presenta un resumen de los elementos fundamentales, fortalezas y debilidades de cada una de estas metodologías (Thompson, 2003). Si se compara todas las debilidades del *Six Sigma*, *Lean* y *TOC* con las fortalezas encontradas en las otras metodologías, las tres metodologías no solo se complementan entre ellas sino que también dependen unas de otras.

Tabla 10.

*Contrabalanceo de las Metodologías: Lean, TOC y Six Sigma*

Metodología	Elementos Fundamentales	Fortalezas	Debilidades	Contrabalanceo
<p style="text-align: center;"><b>Lean Manufacturing</b></p>	<p>La causa de un rendimiento pobre es una actividad desperdiciadora.</p>	<p><b>1.</b> Provee un enfoque estratégico para integrar mejoras a través del mapeo de la cadena de valor y del enfoque de maximizar el radio de agregar valor al desperdicio.</p>	<p><b>1.</b> Puede provocar la toma de riesgos sin un balance razonable de la consecuencia.</p>	<p><b>1.</b> Fortaleza 3 del <i>Six Sigma</i></p>
	<p>Lean es una estrategia que tiene como base el tiempo y usa una definición estricta de los desperdicios (trabajo que no genera valor) como cualquier tarea o actividad que no produce valor desde la perspectiva del usuario final.</p>	<p><b>2.</b> Directamente promueve y evoca una innovación radical.</p>	<p><b>2.</b> Puede no brindar suficiente evidencia de las utilidades de la empresa para la administración contable tradicional.</p>	<p><b>2.</b> Fortaleza 2 del <i>Six Sigma</i> y Fortaleza 4 del <i>TOC</i></p>
	<p>Una ventaja competitiva viene de asegurar que cada tarea esté enfocada a la rápida transformación de materia prima a un producto terminado.</p>	<p><b>3.</b> Hace énfasis en respuestas rápidas de oportunidades obvias.</p>	<p><b>3.</b> Tiene una limitación cuando se enfrenta a problemas recurrentes y complejos (usa el método de prueba - error)</p>	<p><b>3.</b> Fortaleza 1 del <i>Six Sigma</i> y Fortaleza 3 del <i>TOC</i></p>
		<p><b>4.</b> Involucra a todos los niveles de la organización.</p>		

Tabla 10  
*Contrabalanceo de las Metodologías: Lean, TOC y Six Sigma (Continuación)*

<b>Six Sigma</b>	La causa de un rendimiento pobre es la variación en los procesos y la calidad de los productos.	1. El rigor y disciplina del enfoque estadístico resuelve problemas complejos que no pueden ser resueltos por simple intuición o el método de prueba error.	1. Los métodos estadísticos no se adaptan bien en problemas de sistemas integrados. Se puede determinar fácilmente el factor sigma a una especificación de un producto pero no se sabe cómo hacerlo si se trata de interacciones de procesos o errores.	1. Fortaleza 1 de <i>Lean</i> y fortaleza 2 del <i>TOC</i>
	Las variaciones aleatorias resultan en operaciones ineficientes, causando insatisfacción al cliente por productos y servicios poco fiables.	2. La recopilación de datos provee casos fuertes de negocio para tener un soporte de administración para los recursos.	2. La fuerte dependencia de métodos estadísticos por su naturaleza es reactivo, por lo tanto requiere una repetición del proceso para desarrollar tendencias y niveles de confianza.	2. Fortaleza 2 y 3 de <i>Lean</i>
	Una alta ventaja competitiva viene de procesos estables y predecibles, permitiendo crecer en el rendimiento, mejorando el pronóstico y el rendimiento de un producto seguro.	3. El enfoque de reducción de variación minor los riesgos y mejora la predictibilidad.	3. El fuerte enfoque en tener procesos estables, puede llevar a la aversión de riesgos y puede bloquear las iniciativas de innovación, que por su naturaleza podrían ser inestables y variables	3. Fortaleza 2 de <i>Lean</i>

Tabla 10

*Contrabalanceo de las Metodologías: Lean, TOC y Six Sigma (Continuación)*

<b>TOC</b>	<p>La causa de un rendimiento pobre es debido a las técnicas de gestión defectuosos.</p> <p>La lógica de los sistemas es usado para identificar las restricciones y enfocar los recursos en la restricción.</p> <p>La restricción entonces se vuelve un apoyo a la gestión.</p>	<p><b>1.</b> Provee procesos simplificados y administración de recursos a través de un enfoque pequeño en la restricción para la administración de un proceso, así como los esfuerzos de mejora (explosión de la restricción)</p>	<p><b>1.</b> Haciendo un sobre énfasis en la explotación de la restricción podría conducir a aceptar o tolerar tareas no restrictivas a través de los procesos.</p>	<p><b>1.</b> Fortaleza 1 de <i>Lean</i> y fortaleza 2 del <i>Six Sigma</i></p>
		<p><b>2.</b> Recorre y observa a través de todos los procesos para asegurar que los recursos limitados no estén sobre produciendo la capacidad no restrictiva (el problema local de optimización)</p>	<p><b>2.</b> Si es proceso en estudio es fundamentalmente inadecuado no importa cuán bien se administre, esto no podría lograr los objetivos.</p>	<p><b>2.</b> Fortaleza 2 de <i>Lean</i></p>
		<p><b>3.</b> Distingue las políticas Vs. Las restricciones físicas.</p>	<p><b>3.</b> No provee directamente la dirección de un cambio cultural. El cambio de procesos usando TOC es orientado técnicamente y se basa del uso del TQM y otros métodos de mejora.</p>	<p><b>3.</b> Fortaleza 4 de <i>Lean</i></p>
		<p><b>4.</b> Provee una adecuada dirección en mediciones simplificadas (Throughput, inventario y gastos operativos)</p>		

*Nota.* Adaptado de Sproull (2009)

## 2.7. El Modelo combinando los sistemas *TOC*, *Lean* y *Six Sigma* (*TLS*)

Existen dos interesantes estudios que hacen referencia a este modelo. Por un lado Sproull (2009) a lo que denomina “The Ultimate Improvement Cycle” (*UIC*), mencionó que es el método cíclico indispensable de mejora continua del futuro. Así como el sistema de producción Toyota, *UIC* ofrece beneficios para todo el sistema que resultan en maximizar el rendimiento (*T*), y minimizar los niveles de inventarios (*I*), y gastos de operación (*OE*). El ciclo de mejora *UIC* entretiene el ADN de *Lean*, *Six Sigma* con el poder del enfoque de *TOC*, para ofrecer un potente y convincente metodología de mejora.

Sin embargo, desde los puntos de vista de Pirasteh y Fox (2011) al que denominaron *iTLS*, un acrónimo integrado del *TOC*, *Lean*, y *Six Sigma*; es una filosofía de administración que permite la creación de soluciones más permanentes a los problemas. *iTLS* es una nueva generación de modelos de mejora continua (*CPI*) e integra lógicamente las tres potentes filosofías, sus herramientas y técnicas. *iTLS* armoniza la interacción del *TOC*, *Lean*, y *Six Sigma* en una mezcla de sinergias que produce resultados financieros significativamente mayores que la aplicación de estas técnicas de forma individual.

Un estudio convincente realizado por Pirasteh y Farah (2006) mostraron estadísticas reveladoras con respecto a un estudio realizado a un fabricante global de productos electrónicos, que comparó el impacto financiero de la implementación de *Lean*, *Six Sigma*, y un enfoque combinado de *TOC*, *Lean* y *Six Sigma*. Este último enfoque llamado *TLS*, fue introducido como un complemento a las prácticas existentes de *Lean* y *Six Sigma*, y desplegado en 21 plantas con 45,000 empleados, y 211 líderes de equipo; en total hubieron 101 proyectos completados durante un periodo de dos años. Una planta en este estudio fue definido como una planta de producción que era totalmente capaz de realizar prototipos, producirlos y distribuirlos a sus clientes ubicados en varias regiones en los Estados Unidos. En el estudio, 11 plantas aplicaron solo *Six Sigma*, 4 plantas aplicaron solo *Lean*, y 6 plantas aplicaron *TLS*.

Como resultado de esta metodología de mejora de procesos de Pirasteh y Farah (2006) proporcionaron considerablemente ahorros en los costos más altos para la

empresa. Específicamente, su aplicación resultó en una contribución del 89% del total de ahorros reportados. *Six Sigma* por sí mismo llegó en un distante segundo lugar con un 7% de contribución de ahorros para la compañía; seguido de un 4% de aplicaciones de *Lean* autónomos.

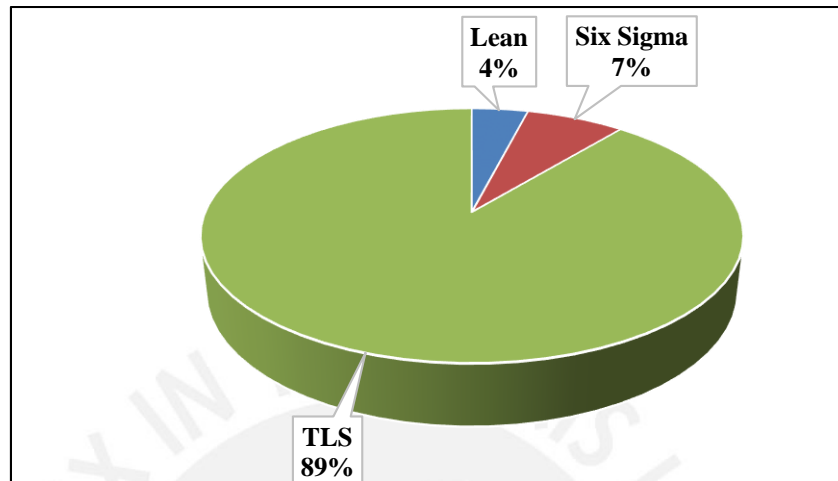


Figura 28. Porcentaje de contribución de ahorros realizados  
Adaptado de Pirasteh y Farah (2006)

La Figura 28, es una representación gráfica de la contribución de ahorros de cada una de estas tres metodologías. Piense en ello; el 89% del total de mejoras llegó como resultado de la combinación de *TOC*, *Lean*, y *Six Sigma*.

### 2.7.1. ¿Cómo funciona el modelo *TLS*?

*TLS* aprovecha las principales capacidades de las tres metodologías y los combina con sentido común. *TLS* primero utiliza *TOC*, para concentrar la atención en lo que hay que mejorar, teniendo en cuenta el beneficio global, para después re-energizar el sistema para buscar el siguiente lugar lógico para la mejora. Segundo, utiliza técnicas *Lean* para generar menos residuos, identificarlos, removerlos, y luego implementar estrategias a prueba de fallas de los procesos para evitar que se vuelvan a repetir. Finalmente, utiliza herramientas y métricas de *Six Sigma* para perfeccionar los procesos, mediante la comprensión de la naturaleza de las fuentes de variabilidad (que es el error en el proceso), cómo la variabilidad afecta el objetivo deseado, y los ajustes que deben establecerse para militar la variabilidad a un nivel aceptable para el cliente (Pirasteh & Fox, 2011).

En la Figura 29, se representa cómo el modelo *TLS* utiliza *TOC*, *Lean*, y *Six Sigma* para lograr mayores niveles de desempeño. *TLS* aplica estos tres enfoques para producir algo significativamente mejor, mediante la capitalización de las sinergias que se crean a través de su interacción con los otros.

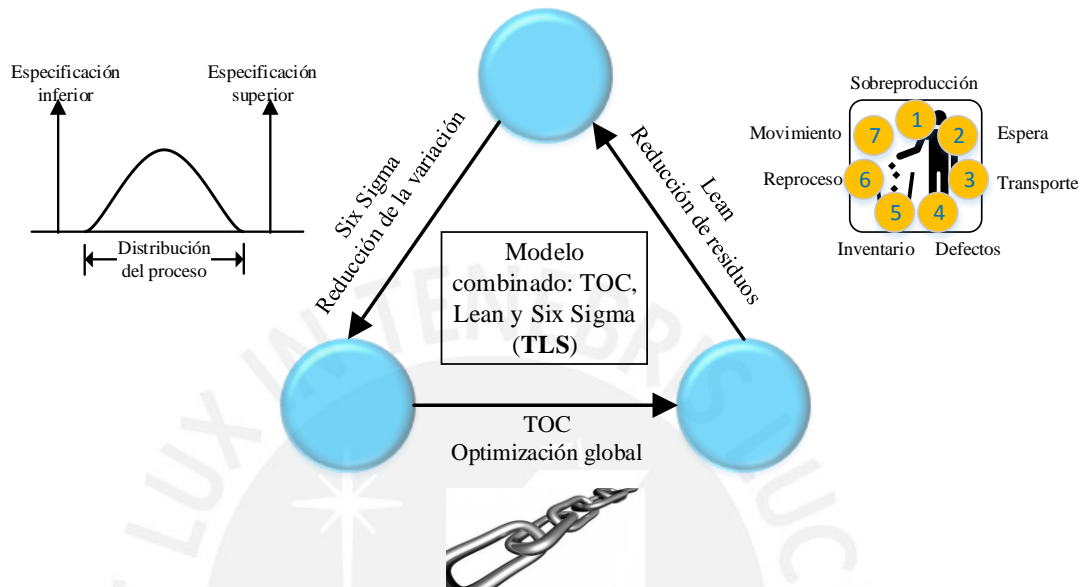


Figura 29. El Modelo combinado: *TOC*, *Lean* y *Six Sigma* (*TLS*)  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

*TLS* también juega un papel fundamental en la conexión de la meta estratégica y los objetivos con los esfuerzos de mejora de los procesos. El efecto de la interacción entre *TOC*, *Lean*, y *Six Sigma* crea muchos mayores beneficios que su efecto acumulativo.

### 2.7.2. ¿Qué hace único al modelo *TLS*?

Según lo indicado por Pirasteh y Fox (2011), *TLS* es un enfoque único conocido que se basa en experimentos cuantitativos sólidos y empíricos. Es un enfoque global que reconoce el poder combinado de *TOC*, *Lean*, y *Six Sigma* y capitaliza sus fortalezas. En cambio Sproull (2009) mencionó que *TLS* no es una simple colección de herramientas y técnicas, sino, más bien, una estrategia de fabricación viable y práctica que concentra sus recursos en el área que va a generar el mayor retorno de la inversión.

### 2.7.3. Secuencia de eventos del modelo *TLS*

*TLS* ha demostrado significativamente mejores beneficios en proyectos de mejora continua comparado con las metodologías *Lean* y *Six Sigma* aplicadas de manera aislada. El enfoque combinado *TLS* intenta optimizar el proceso de mejora continua usando el siguiente proceso de siete pasos, los que son representados en la Figura 30.

- 1°. Movilizar y enfocar.
- 2°. Decidir cómo explotar la restricción.
- 3°. Eliminar fuentes de residuos de la restricción.
- 4°. Controlar la variabilidad de los procesos y errores.
- 5°. Controlar las actividades de apoyo.
- 6°. Eliminar la restricción y estabilizar.
- 7°. Reevaluar el rendimiento del sistema y buscar la siguiente restricción.

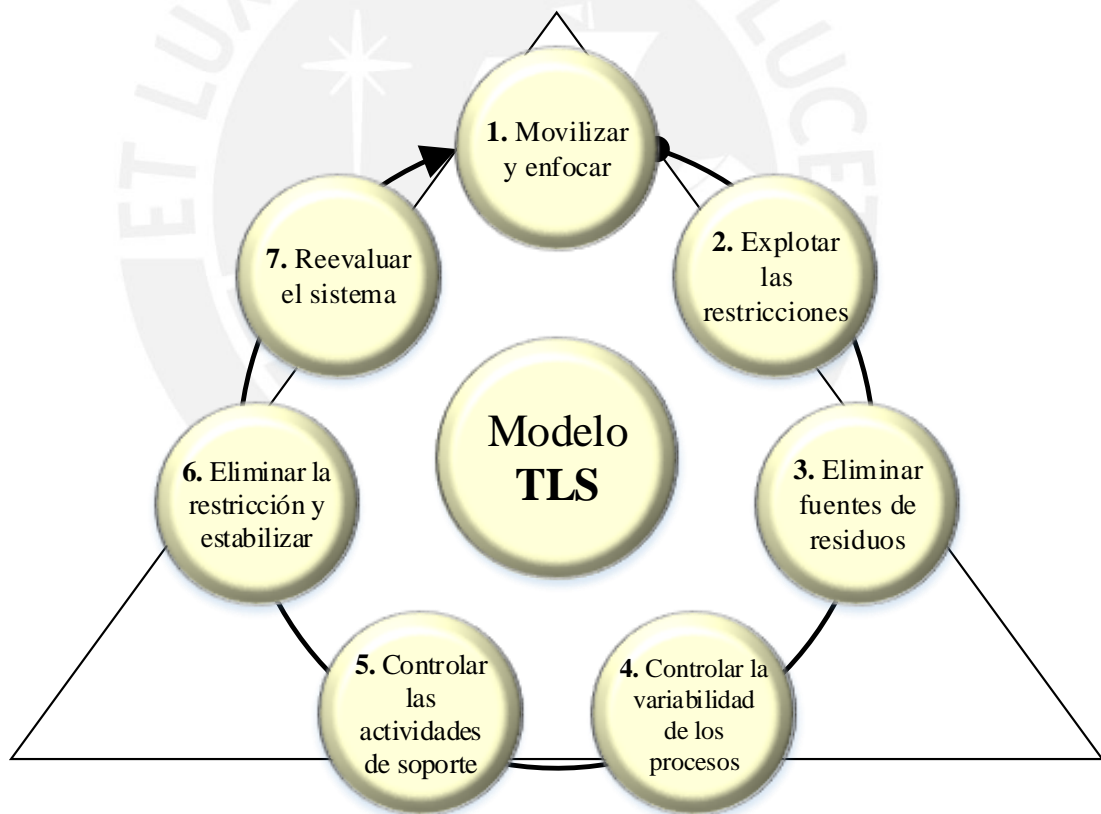


Figura 30. *TLS* un proceso de siete pasos  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

Es interesante indicar que Sproull (2009) mencionó cinco objetivos principales del modelo *TLS*, que sirven como un trampolín para maximizar los ingresos y beneficios:

1. Garantiza que se esté enfocado en el área correcta del proceso o sistema (por ejemplo: la operación de restricción) para maximizar el rendimiento (*Throughput*) y minimizar los inventarios (*I*), y los gastos de operación (*OE*).
2. Proporciona una hoja de ruta de mejora para asegurar un enfoque sistemático, estructurado y ordenado, que asegure la utilización máxima de los recursos para obtener ingresos y beneficios óptimos.
3. Integra lo mejor de las estrategias, herramientas, técnicas y filosofías de *Lean*, *Six Sigma*, y *TOC*; para maximizar el potencial de mejora de la organización.
4. Asegura lo necesario, que la planificación se complete por adelantado, antes de los cambios en el proceso o de la organización, a fin de evitar el "apunten, listos, fuego". mentalidad.
5. Proporciona la sinergia y participación de toda la organización necesaria para maximizar el ROI.

#### 2.7.4. Herramientas y técnicas del modelo *TLS*

Cada paso del proceso proporciona una directriz general para los requerimientos de input típicos, herramientas y técnicas que se puede optar por utilizar, y los outputs necesarios en cada paso de la implementación *TLS*. Se debe considerar siempre la naturaleza y el ambiente de los negocios y las necesidades esenciales del proyecto cuando se elijan las herramientas y técnicas. El proceso de siete pasos usa el sentido común para seleccionar las herramientas necesarias y así lograr el alcance del trabajo deseado. Por lo tanto, es imperativo que para la implementación del modelo *TLS*, se tenga una formación o entrenamiento adecuado para hacerlo; el cual, prepararía para reconocer que herramientas y técnicas son necesarias y suficientes para el logro de los objetivos (Pirasteh & Fox, 2011).

En la Figura 31, se muestra el flujo de siete pasos del modelo *TLS* e indica que herramientas y técnicas de *TOC*, *Lean*, y *Six Sigma* son las más apropiadas en cada paso; los cuales, intentan hacer el proceso lo más claro posible para identificar inputs típicos y outputs para tener un mapa de ruta para los proyectos de mejora continua. Al igual que cualquier nueva iniciativa, éste requiere el enfoque de toda la organización, disciplina, determinación y un poco de paciencia. Este es un nuevo territorio, así que se sugiere que siga el camino de menor resistencia que esta metodología proporciona.

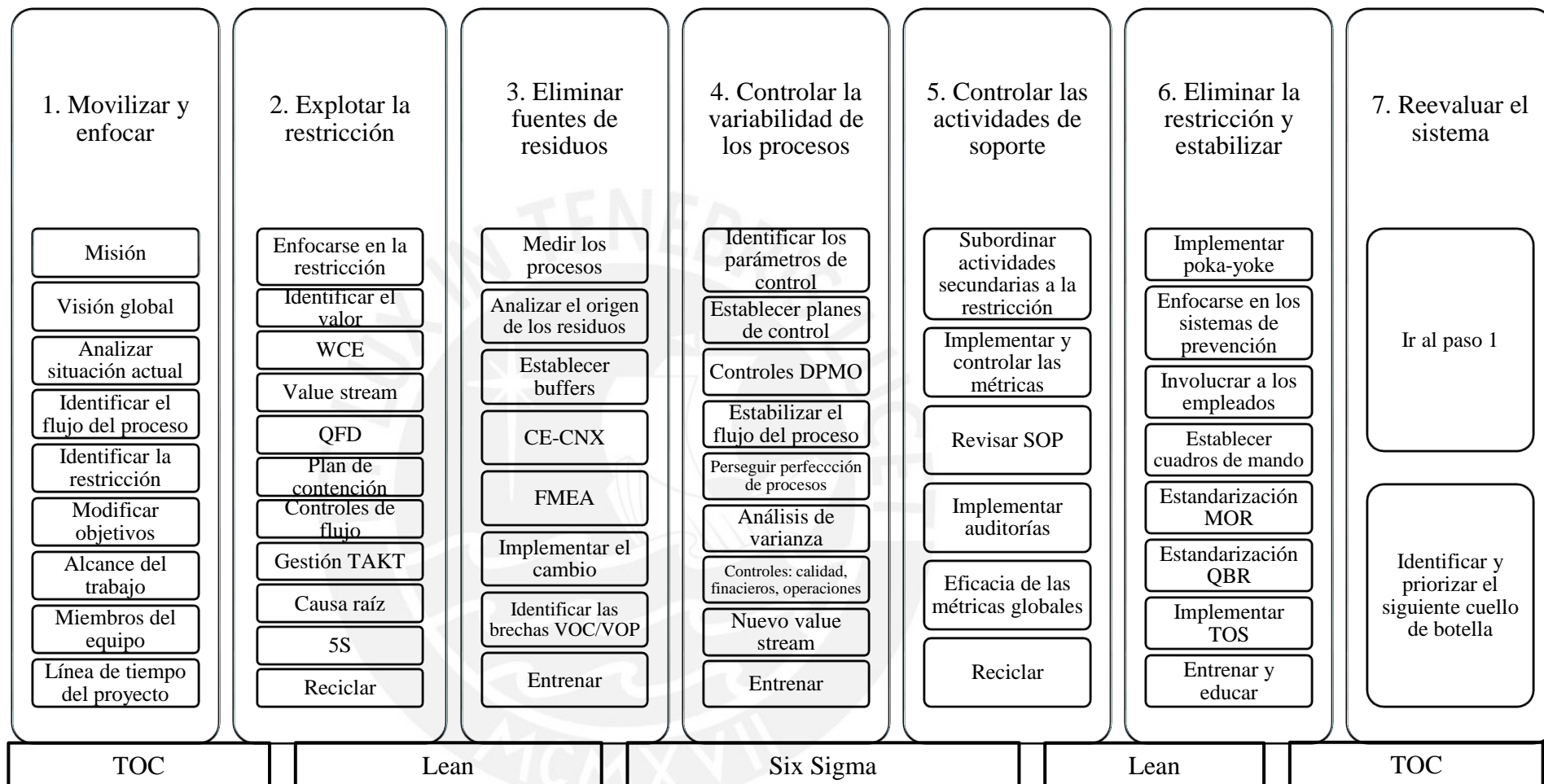


Figura 31. Herramientas y técnicas del modelo TLS  
 Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

### 2.7.5. Desarrollo de los siete pasos del modelo *TLS*

A continuación, se presenta un panorama más amplio de los siete pasos del modelo *TLS*, tomando en consideración los inputs, herramientas, técnicas y outputs.

#### **Paso 1: Movilizar y enfocar**

El primer paso es el más importante, porque en gran medida determina donde debemos dedicar nuestros esfuerzos y los beneficios que son posibles. Un número de herramientas pueden ayudar a identificar donde debemos centrarnos, el cual va a depender de la naturaleza de la mejora que estamos tratando de resolver. Si estamos tratando de generar beneficios rompiendo un cuello de botella, necesitamos determinar con precisión la operación que más limita el flujo; diagramando la cadena de valor, o mapa del proceso es un buen camino para obtener una comprensión general del flujo. Posteriormente, debemos estimar los beneficios estimados de romper la restricción. Cuando el problema no es obvio o la restricción no es fácilmente identificada, un enfoque diferente es necesario; estas situaciones ocurren cuando una política, o peor aún, una serie de políticas, oscurecen las acciones apropiadas para mejorar la situación. En las más complejas situaciones, el proceso de pensamiento de causa – efecto estructurado, es probablemente la mejor herramienta para identificar el principal problema. En la Figura 32, se representa el paso 1 del modelo *TLS*.

La meta es identificar la restricción existente o potencial en toda la cadena de valor que ahoga el flujo libre del *Throughput*. En esta etapa se debería entender claramente:

- a) ¿Por qué estás intentando cambiar algo (procesos, procedimientos, equipos, recursos, etc.)?
- b) Específicamente, ¿qué es lo que está tratando de transformar y cambiar?
- c) ¿Cómo desea que se vea el resultado final?

En esta etapa se necesita una línea de tiempo establecida para el proyecto y desarrollar el plan de proyecto de referencia. Outputs en esta etapa permitirán avanzar al siguiente paso del proceso *TLS*; para lo cual, se deberá claramente ser capaz para para cuantificar/cualificar lo siguiente, antes de avanzar a la siguiente etapa:

- a) ¿Sabe por qué está haciendo este proyecto?
- b) ¿Sabe dónde enfocar, cuál es la restricción?
- c) ¿Tiene los recursos para lograr su proyecto?

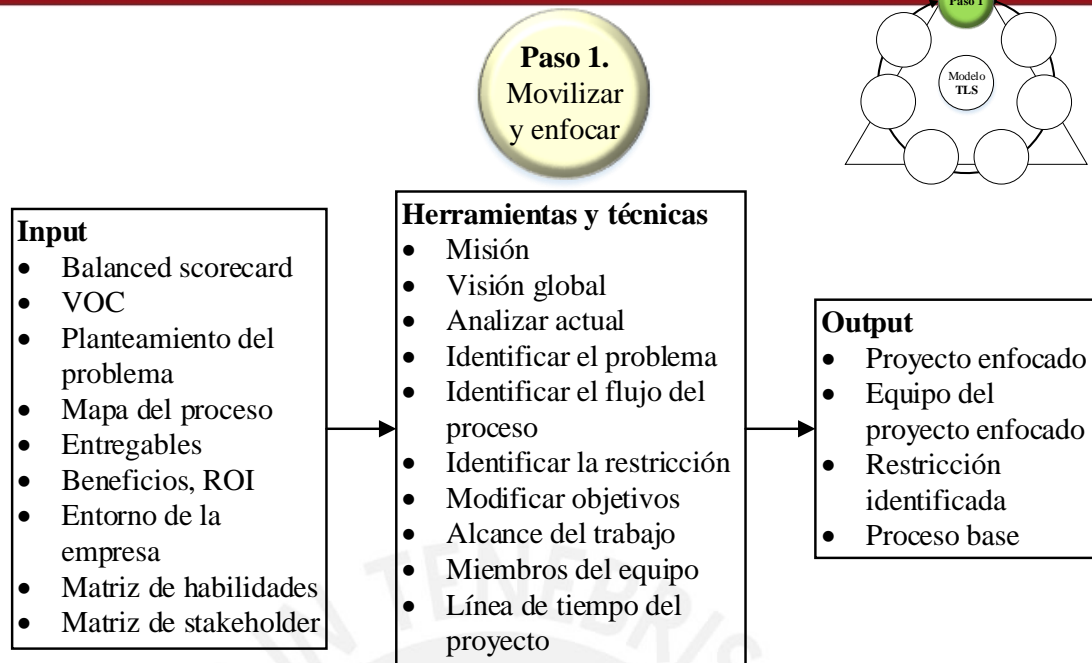


Figura 32. Paso 1: movilizar y enfocar  
 Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

## Paso 2: Explotar la Restricción

Una variedad de acciones puede incrementar el actual o futuro *Throughput* de una restricción física. El análisis de datos en el paso previo es usualmente muy útil en la determinación de las acciones más apropiadas. Si se está perdiendo una cantidad de tiempo considerable debido a las configuraciones o averías de las máquinas, hay excelentes herramientas de *Lean* que se ocupan de estos problemas. Si se está perdiendo capacidad porque el proceso no está bien controlado, técnicas *Six Sigma* ayudarán a reducir la cantidad de capacidad desperdiciada debido a la variación del proceso.

Antes de romper una restricción de capacidad, es útil establecer buffers de tiempo de trabajo antes de la restricción, para que el *Throughput* no se pierda a causa de interrupciones en las operaciones de alimentación. Una vez la restricción se rompe y las interrupciones en las operaciones de alimentación se ven disminuidos, los buffers de tiempo pueden ser reducidos o eliminados.

La eliminación de una actividad sin valor agregado, tal como el exceso de tiempo en *Setup* de una operación, es un gran avance; pero la mejora de una actividad de valor añadido puede generar más *Throughput*. Finalmente, la decisión deberá estar basada

en como cada acción impacta en el *Throughput*, el inventario y los gastos de operación. En la Figura 33, se representa el paso 2 del modelo *TLS*.

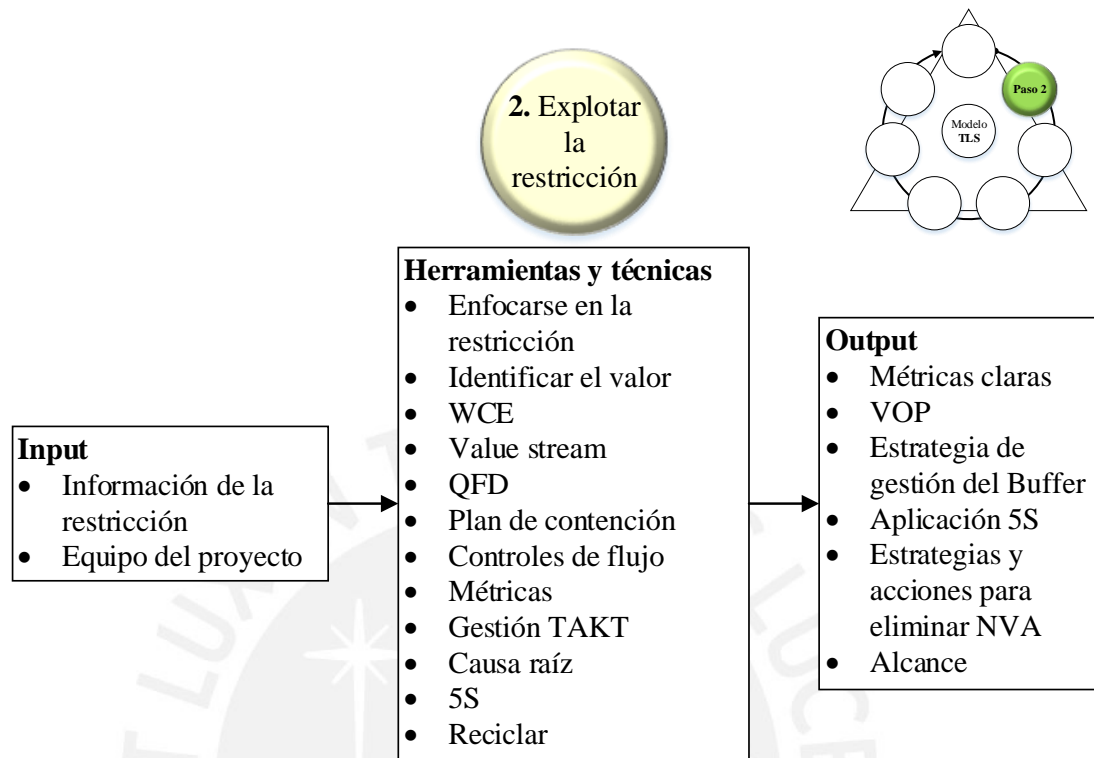


Figura 33. Paso 2: explotar la restricción  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

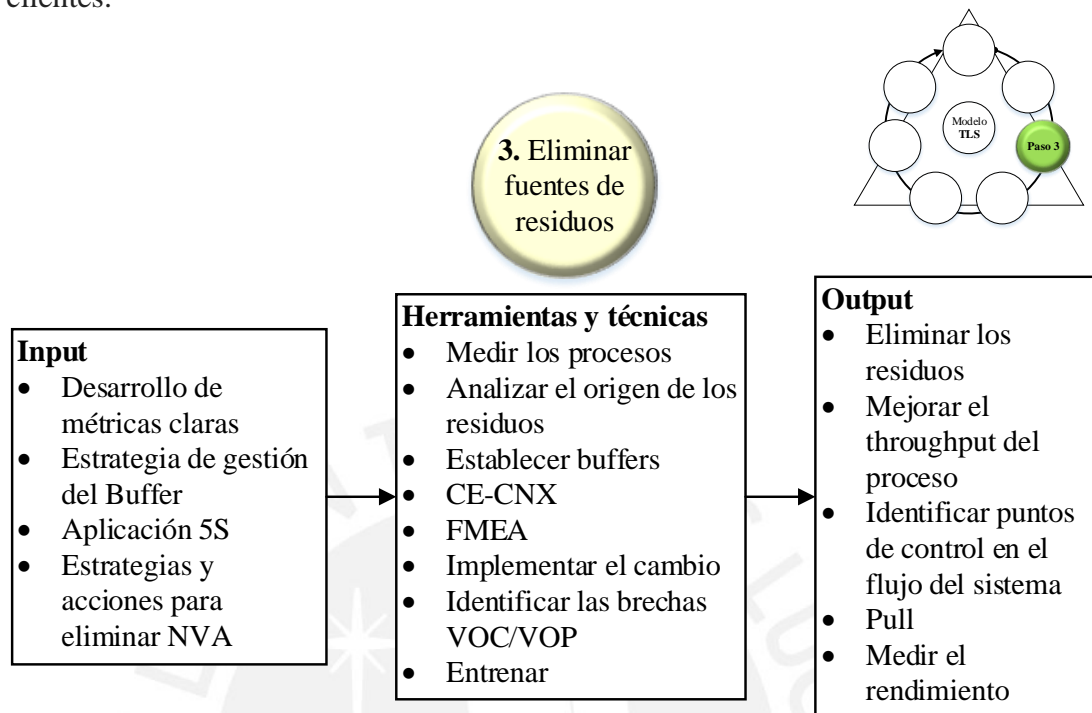
### Paso 3: Eliminar las fuentes de residuos

En esta etapa, se establece mediciones para evaluar los beneficios de las mejoras adicionales y garantizar que cuando los residuos se eliminan no se vuelvan a generar. Si no se está en camino de cumplir o superar los beneficios específicos, debemos reevaluar el esfuerzo de mejora para evitar el desperdicio de recursos adicionales. Se deben identificar caminos adicionales para aumentar aún más el *Throughput*, reducir los gastos de operación, inventarios e inversiones. Se cuenta con una gama amplia de herramientas probadas, tales como CE-CNX (causa y efecto con el control, el ruido, y la caracterización del factor X), FMEA (análisis de efectos del modo de fallo). En la Figura 34, se representa el paso 3 del modelo *TLS*.

### Paso 4: Controlar la variabilidad de los procesos

Por una variedad de razones, las mejoras reales tienen una tendencia a disiparse en el tiempo. Con el fin de evitar tal erosión, debemos implementar controles y mediciones. En esta etapa, se debe usar las herramientas y técnicas de *Six Sigma* para

controlar la variabilidad de los procesos. La meta es encontrar la manera de centrar la distribución del proceso sobre el objetivo definido por las especificaciones de los clientes.



*Figura 34. Paso 3: eliminar las fuentes de residuos*  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

Cuando se ha centrado el proceso y exprimido tanto la variabilidad, o error, como se requiere, es necesario asegurarse de que los límites de control del proceso están lo suficientemente lejos de las especificaciones de los clientes. Esto dejaría un poco de espacio de buffer para fluctuaciones aleatorias de la media del proceso. La cantidad de espacio de buffer que diseñaría, dependerá de VOC y la viabilidad económica de conseguirlo. Este espacio de buffer es medido en  $\sigma$  (Sigma). En la Figura 35, se representa el paso 4 del modelo *TLS*.

### **Paso 5: Controlar las actividades de soporte**

Se necesitan varios pasos para alinear y sincronizar ambos, la alimentación y siguientes operaciones con actividades de restricción. En primer lugar, son medidas que fomentan acciones que están alineados con las necesidades de la restricción, más que las eficiencias locales. Además, es muy útil si la gente en estas actividades de alimentación y seguimiento, está capacitada para comprender por qué se necesitan

estos cambios en el comportamiento. En la Figura 36, se representa el paso 5 del modelo *TLS*.

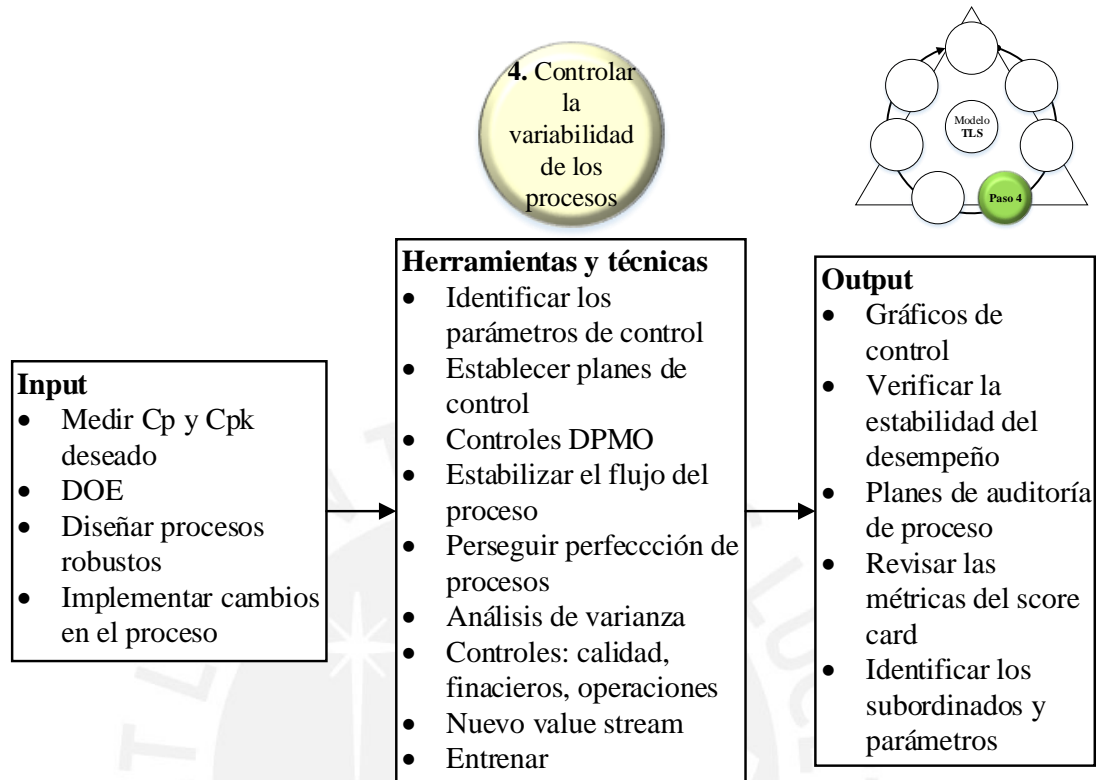


Figura 35. Paso 4: controlar la variabilidad de los procesos  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

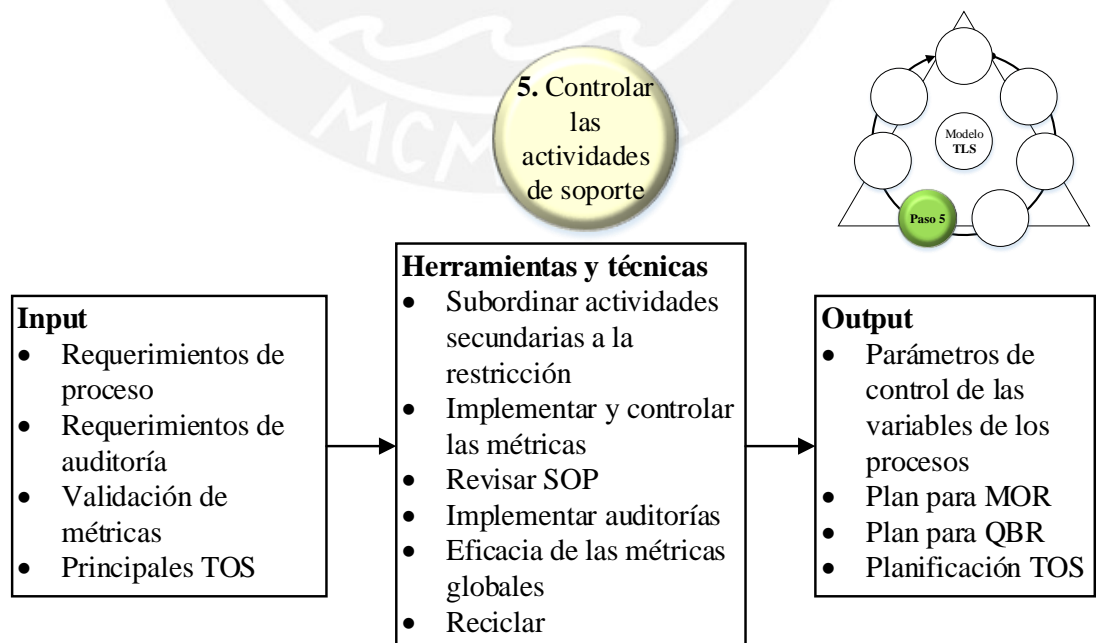


Figura 36. Paso 5: controlar las actividades de soporte  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

### Paso 6: Eliminar la restricción y estabilizar

Mientras las especificaciones técnicas ayudan a determinar si un nuevo proceso tiende a salirse de control (por ejemplo, *Poka Yoke*, estandarización MBR y QBR, tableros de monitoreo); la verdadera clave para la estabilización del proceso radica en la educación y formación de los empleados efectuadas en la comprensión de VOC (*Voice of the Customer*) y VOP (*Voice of the Process*) e interpretar el comportamiento del proceso. En la Figura 37, se representa el paso 6 del modelo *TLS*.

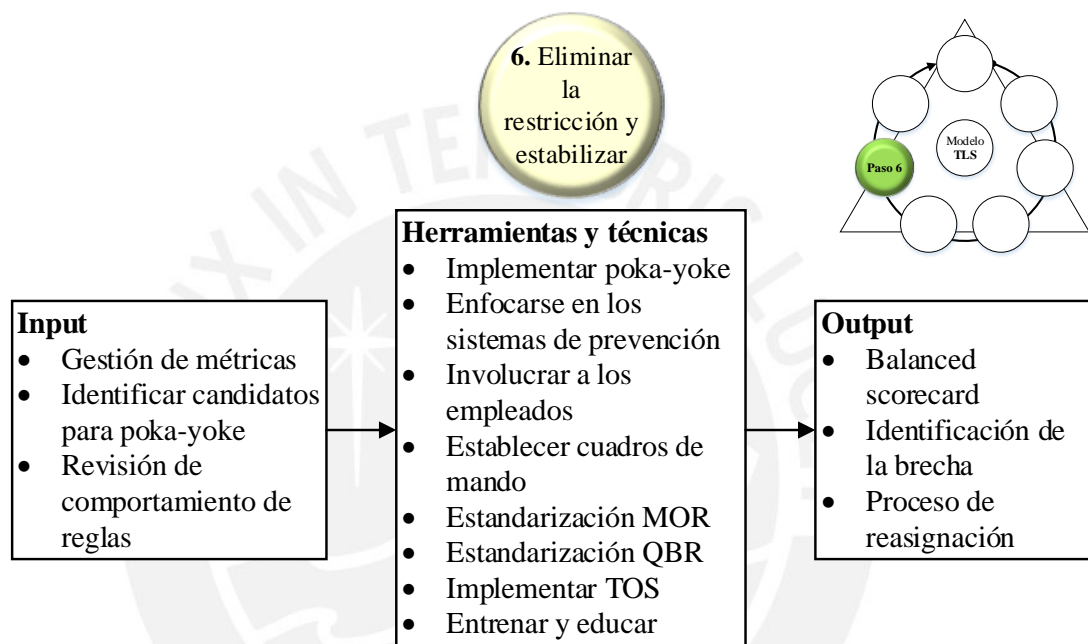


Figura 37. Paso 6: eliminar la restricción y estabilizar  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)

### Paso 7: Reevaluar el sistema

En esta etapa, se tiene que evaluar el resultado, para revisar si estuvo a la altura de superar nuestras expectativas o se mantuvo como al comienzo. Un documento de las lecciones aprendidas es esencial en la creación y organización del aprendizaje. También es posible que tenga que reajustar cómo se miden los empleados, sobre todo si la restricción inicial se ha eliminado, y decidir si tenemos que luchar por una mejora adicional en esta área, o pasar a oportunidades más fértiles. En la Figura 38 se representa el paso 7 del modelo *TLS*.

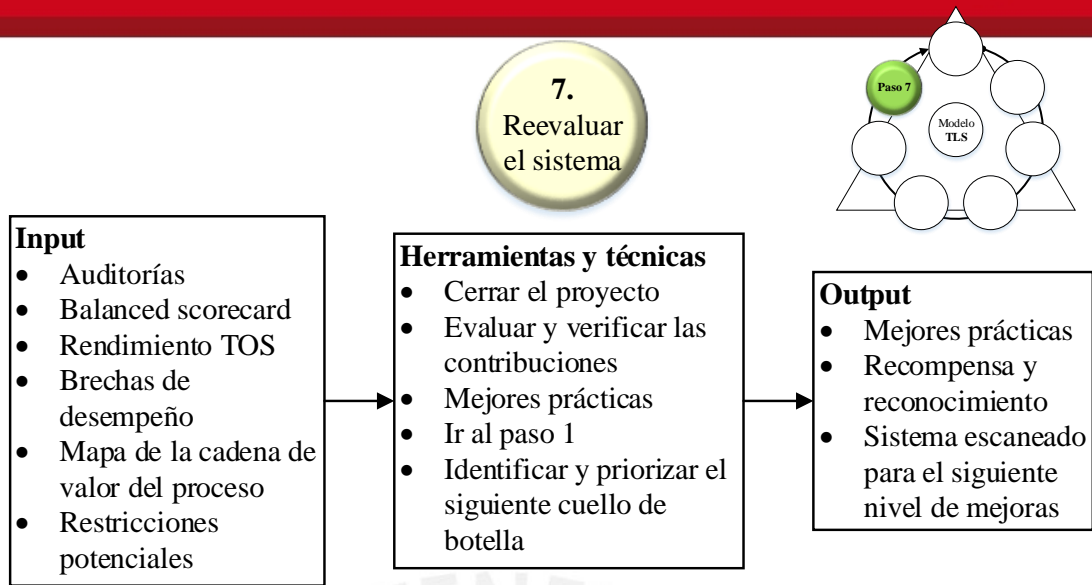


Figura 38. Paso 7, reevaluar el sistema  
Adaptado de Pirasteh y Fox (2011)



## Capítulo III. Metodología de la Investigación

### 3.1. Introducción

Dadas las características del presente trabajo de investigación, su principal propósito es descriptivo ya que busca analizar cómo ocurre un fenómeno organizativo dentro de su contexto real. Se tomará en cuenta la metodología sugerida por Yin, la misma que ha sido desarrollada en detalle en el Capítulo II (pp. 57 – 77). Según lo mencionado por Yin (2009), la investigación basada en los estudios de caso, no es un proceso lineal sino iterativo. En la Figura 39, se representa la metodología de los Estudios de Caso.

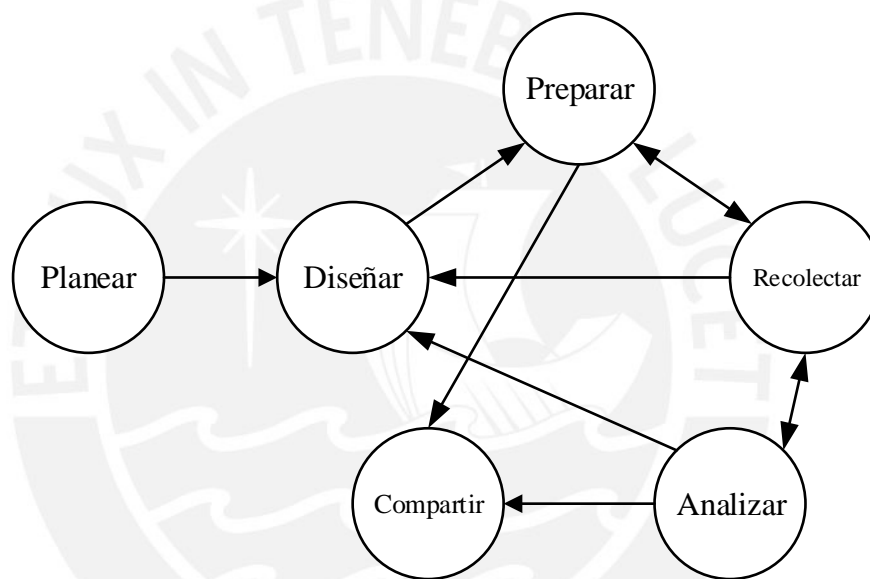


Figura 39. Metodología de los Estudios de Caso  
Adaptado de Yin (2009)

### 3.2. Diseño de la Investigación

Se ha considerado los cinco componentes propuestos por Yin, en el diseño de una investigación basada en casos.

#### 3.2.1. Componente 1: Preguntas de Estudio

El tipo de preguntas de investigación utilizadas en el presente estudio son generalmente ¿Cómo? y ¿Por qué?, las mismas que tienen propósito descriptivo. Las preguntas que se buscan responder son:

- ¿Cómo gestionan sus operaciones productivas las empresas privadas en Lima Metropolitana?

- ¿Por qué gestionan de esa manera sus operaciones productivas las empresas privadas en Lima Metropolitana?
- ¿Cuáles son los elementos de los sistemas de producción más importantes utilizados por las empresas privadas en Lima Metropolitana?

### **3.2.2. Componente 2: Propositiones del Estudio**

Las proposiciones dirigen la atención a algo que debe ser examinado dentro del alcance del estudio. Inicialmente se han propuesto las siguientes:

- ¿Puede un adecuado sistema de producción mejorar la calidad de la gestión de las operaciones de las empresas privadas de Lima Metropolitana?
- La capacitación y el nivel de estudios de los trabajadores, ¿es adecuado para gestionar de manera eficiente los sistemas integrados de producción, y lograr los objetivos establecidos por las empresas privadas en Lima Metropolitana?
- Dentro de la variedad de elementos que componen los sistemas de producción, ¿cuáles serán los más significativos para gestionar con éxito las operaciones productivas en las empresas privadas?

### **3.2.3. Componente 3: Unidad de Análisis**

La unidad de análisis está relacionada al problema fundamental de definir qué es el caso. Para el presente estudio de esta investigación se han considerado 03 empresas privadas de Lima Metropolitana, las mismas que pertenecen a los sectores: Comercial, Servicios, y Manufactura.

### **3.2.4. Componente 4: La lógica que une los datos a las proposiciones**

Para el presente estudio de caso, la lógica que une los datos a las proposiciones se ha basado en la búsqueda de patrones comunes entre los casos, para posteriormente pasar a la etapa de generalización de resultados.

### **3.2.5. Componente 5: Criterio para interpretar los resultados**

Los resultados pueden ser interpretados de diferentes maneras. En este caso, los resultados permiten una comparación entre la manera de gestionar los sistemas de producción utilizados por las empresas privadas, con los sistemas de producción estructurados. Esta comparación se da sólo a través de datos cualitativos, y no hace uso ninguna herramienta estadística para llevarlo a cabo.

### **3.2.6. Componente 6: Tipo de diseño para el Estudio de Caso**

Yin (2009) estableció una clasificación para los estudios de caso, tomando en cuenta dos factores: número de casos (simples o múltiples) y la clase de unidad de análisis (holístico o incrustado). El resultado de estos cuatro tipos de diseño para los estudios de caso son (Tipo 1) caso único holístico, (Tipo 2) caso único incrustado, (Tipo 3) caso múltiple holístico, y (Tipo 4) caso múltiple incrustado.

Para este trabajo de investigación se ha considerado el diseño Tipo 3 caso múltiple holístico, tomando en consideración que se hará un comparativo entre los sistemas de producción utilizados por las empresas privadas, con los sistemas de producción estructurados.

### **3.3. Protocolo de la Investigación**

El protocolo es más que un cuestionario o instrumento. El protocolo contiene los instrumentos pero también contiene los procedimientos y reglas generales a seguir en el uso del protocolo. El protocolo está dirigido a una parte completamente diferente a la de un cuestionario. El protocolo es particularmente importante en investigaciones de casos múltiples. (Yin, 2009).

#### **3.3.1. Visión general del Caso de Estudio**

Las organizaciones sobre todo las que pertenecen al sector privado, están en la búsqueda constante de nuevos sistemas y formas de trabajo, que les permitan ser más eficientes en sus operaciones, así como mejorar la calidad de sus productos y servicios. En tal sentido, esta investigación se ha considerado interesante por la gran importancia que hoy en día las empresas privadas representan sobre nuestra economía, y constituyen la principal fuente de empleo en el Perú con el 68.6% de la PEA ocupada. Se han seleccionado 03 empresas de diferentes sectores económicos ubicadas en Lima Metropolitana, y se pretende investigar cómo es que gestionan sus Operaciones y por qué lo hacen de esa manera. Se ha tomado como referencia varias investigaciones realizadas en el ámbito de la gestión de operaciones, y revisión de la metodología sobre los estudios de caso.

### 3.3.2. Procedimiento de campo

Este punto se refiere al grado de accesibilidad a los lugares donde se realiza la investigación de los estudios de caso. Se ha considerado la elaboración de un cuestionario que sirve como base para los entrevistados claves de cada empresa, y se complementa con la observación de los diferentes procesos productivos de cada empresa, de manera que se logren los objetivos planteados en la investigación.

### 3.3.3. Preguntas del Caso de Estudio

Según Yin (2009) mencionó que las preguntas son planteadas al investigador no al entrevistado. Las preguntas del protocolo en esencia son recordatorios con respecto a la información que se necesita recolectar y porqué. Es mantener al investigador en la pista como la recolección de datos. Las preguntas planteadas para el entrevistador para la presente investigación son:

- ¿Qué tipo de sistema de producción es utilizada por las empresas privadas en la gestión de sus operaciones?
- ¿Serán los sistemas de producción y la formación profesional de los trabajadores de las empresas privadas, las más óptimas para gestionar sus operaciones?

### 3.4. Recolección de Datos

Según lo mencionado por Yin (2009), la información de los estudios de caso pueden provenir de seis fuentes: documentos, registro de archivos, entrevistas, observación directa, observación participante, y objetos físicos. Para la presente investigación, la recolección de datos se ha llevado a cabo principalmente de entrevistas realizadas a cada uno de los empresarios de las empresas materia de estudio, y de la observación directa de sus sistemas productivos. Toda esta información es complementada con datos estadísticos de las empresas privadas, y la importancia que representa en la economía y el empleo de la PEA en el Perú.

En el desarrollo de las entrevistas, se consideran preguntas cerradas y abiertas que permita conocer más a fondo el modo de gestionar sus operaciones productivas, que permitan identificar los siguientes factores:

- Planificación y Control de la Producción
- Sistema productivo

- Variedad de productos
- Distribución de planta y nivel de automatización.
- Uso de sistemas de información o ERP.
- Nivel de estudios y capacitación de los ejecutivos del área de operaciones

### 3.5. Análisis de Datos

Yin (2009) mencionó que el análisis de los datos consiste en examinar, clasificar, tabular, probar, o de otra manera re combinando pruebas para sacar conclusiones empíricas. Para el presente trabajo de investigación, el análisis de datos se realizará mediante una matriz de resultados de cada factor señalado en el punto de recolección de datos. Los resultados son mostrados en detalle en el Capítulo IV. Se toma en cuenta un análisis de datos para cada caso individual, y un análisis comparativo entre casos. Luego se redacta un informe por cada caso realizado, se busca patrones comunes entre los casos, para finalmente pasar a la etapa de generalización de resultados.

### 3.6. Reporte del Estudio de Caso

El Reporte de un estudio de caso significa traer sus resultados y conclusiones al cierre. Independientemente de la forma del informe, medidas similares subyacen la composición estudio de caso: La identificación de la audiencia por el informe, el desarrollo de su estructura compositiva, y tener los borradores revisados por otros.

La audiencia principal son todas aquellas empresas privadas interesadas en conocer los desafíos, problemas y oportunidades que se presentan en la gestión de los procesos de producción, y que sirva como marco de referencia para diseñar y mejorar sus sistemas de producción existentes. También está dirigido a los profesionales que deseen profundizar en la investigación de los estudios de caso en el campo de la administración de operaciones.

La estructura del presente reporte se presenta de manera lineal analítica, la secuencia empieza con el problema en estudio, revisión de la literatura, los métodos utilizados, los resultados de los datos recogidos y analizados, las conclusiones y las implicaciones de los hallazgos. Se someten a estudio los mismos factores en cada una de las empresas, lo que permite identificar los diferentes estilos de gestionar sus sistemas de producción.

## Capítulo IV. Resultados del trabajo de campo

### 4.1. Descripción de las MIPYME

Con fecha 28 de diciembre de 2013, se dispone que mediante Decreto Supremo N° 013-2013-Produce, refrendado por el Ministro de la Producción, se promulgue el Texto Único Ordenado de la Ley de impulso al desarrollo productivo y al crecimiento empresarial y sus modificatorias; debiendo integrar lo dispuesto en la Ley N° 28015, Ley de Promoción y Formalización de la Micro y Pequeña Empresa, el Decreto Legislativo N° 1086 y las Leyes N° 29034, N° 29566, N° 29903 y N° 30056.

Según lo indicado en su Artículo 1, La presente ley tiene por objeto establecer el marco legal para la promoción de la competitividad, formalización y el desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYME), estableciendo políticas de alcance general y la creación de instrumentos de apoyo y promoción; incentivando la inversión privada, la producción, el acceso a los mercados internos y externos y otras políticas que impulsen el emprendimiento y permitan la mejora de la organización empresarial junto con el crecimiento sostenido de estas unidades económicas.

#### 4.1.1. Definición de las MIPYME

La Micro y Pequeña Empresa es la unidad económica constituida por una persona natural o jurídica, bajo cualquier forma de organización o gestión empresarial contemplada en la legislación vigente, que tiene como objeto desarrollar actividades de extracción, transformación, producción, comercialización de bienes o prestación de servicios. Cuando en esta Ley se hace mención a la sigla MYPE, se está refiriendo a las Micro y Pequeñas empresas.

Las MIPYME deben ubicarse en alguna de las siguientes categorías empresariales, establecidas en función de sus niveles de ventas anuales:

- Microempresa: ventas anuales hasta el monto máximo de 150 UIT.
- Pequeña empresa: ventas anuales superiores a 150 UIT y hasta el monto máximo de 1700 UIT.
- Mediana empresa: ventas anuales superiores a 1,700 UIT y hasta el monto máximo de 2,300 UIT.
- Gran Empresa: ventas anuales superiores a 2,300 UIT.

#### 4.1.2. Importancia de las MIPYME

Las MIPYME juegan un papel muy importante dentro de la economía y la generación de empleo en el país. Por tanto, a continuación se presentan los principales datos recabados del reporte las Mipymes, (Ministerio de la Producción, 2013):

- La cantidad total de MIPYMES en el Perú ascienden a 1'513,006 empresas. La cantidad de microempresas son 1'439,778 y representan el 94.6%. La cantidad de pequeñas empresas son 70,708 y representan el 4.6%. La cantidad de medianas empresas son 2,520 y representan el 0.2%. Por tanto, el 99.5% del total de empresas pertenecen al segmento empresarial MIPYME, y solo el 0.5% pertenece a la gran empresa con 8,306 empresas.
- Entre el 2008 y 2013, la tasa de crecimiento promedio anual de la economía ha sido de 5.5%, una de las más altas de la región, aunque inferior a la registrada en el anterior quinquenio (7.3%).
- Solo el 26.6% accede al sistema financiero regulado.
- La cantidad de MIPYME en el departamento de Lima es de 722,372 empresas, lo que representa el 47.7% del total del país.
- Las MIPYME concentran el 68.6% de los empleos de la PEA ocupada y, 8 de cada 100 personas de las PEA ocupada son conductoras de una MIPYME formal.
- Por actividad económica, el 84.9% de las MIPYME desarrollan actividades en el sector terciario de la economía (comercio 45.9%, servicios 39,0%). En el sector secundario participa el 12.7% (manufactura 9.6%, construcción 3.1%). En el sector primario interviene el 2.4% (1.6% agropecuario, 0.6% minería y el 0.2% pesca).
- Por distribución geográfica, el 72.4% de las MIPYME se ubican en las regiones de la costa (el 51.0% se localiza en Lima y el Callao). La sierra concentra el 21.4%, y solo el 6.2% se ubica en las regiones de la selva.
- En el 2013, las exportaciones de las empresas formales totalizaron US\$ 38,483 millones, monto inferior en 8,4% que el registrado en el año previo, debido a la disminución del valor exportado de la gran empresa (-8.8%) ante el descenso de los precios promedio de exportación (-5.5%). La participación de las exportaciones de las MIPYME fueron del 4.8% (US \$ 1,829 millones), mientras que de la gran empresa fue del 95.2% (US \$ 36,654 millones).

## **4.2. Descripción General de las Empresas materia de estudio**

### **4.2.1. Empresa de envasado de GLP**

La primera empresa materia de estudio, es una planta envasadora y comercializadora de gas licuado de petróleo para uso doméstico e industrial, cuya facturación anual promedio está por encima de las 9,000 UIT por lo que dentro de la escala empresarial es considerada Gran Empresa. Cuenta con 130 trabajadores entre empleados y operarios, y operan en dos turnos de 12 horas cada uno; la empresa tiene una antigüedad de 19 años en el mercado, y sus instalaciones están ubicadas en el distrito de San Martín de Porres de Lima. Para el 2015, la empresa tiene proyectada iniciar sus operaciones de su nueva planta envasadora que contará con procesos automatizados con tecnología extranjera de punta, con la finalidad de seguir compitiendo con las marcas líderes en el mercado.

### **4.2.2. Empresa de servicios gráficos**

La segunda empresa materia de estudio, es una empresa que ofrece servicios gráficos integrales de pre prensa digital, cuya facturación anual promedio está por encima de las 1,200 UIT por lo que dentro de la escala empresarial es considerada Mipyme. Cuenta con 70 trabajadores entre empleados y operarios, y operan en tres turnos de 8 horas cada uno; la empresa tiene una antigüedad de 30 años en el mercado, y cuenta con cuatro locales ubicados en el Cercado, Lince, Breña y Chorrillos. La empresa tiene como perspectiva de crecimiento abarcar una mayor participación en el mercado.

### **4.2.3. Empresa de fabricación de lavadoras**

La tercera empresa materia de estudio, es una empresa dedicada a la fabricación y representación de equipos electromecánicos, cuya facturación anual promedio está por encima de 1,100 UIT por lo que dentro de la escala empresarial es considerada Mipyme. Cuenta con 60 trabajadores entre empleados y operarios, y operan en dos turnos de 8 horas cada uno; la empresa tienen una antigüedad de 31 años en el mercado, y sus instalaciones están ubicadas en el distrito del Cercado de Lima. La empresa tiene proyectada implementar un nuevo sistema de información para el departamento de producción, con la finalidad de sincerar su base de datos, sus costos, y que les permita mejorar la toma de decisiones para ser más competitivos.

### **4.3. Caso 1: Empresa de envasado de GLP**

#### **4.3.1. Descripción General de la Empresa**

Es una planta envasadora y comercializadora de gas licuado de petróleo para uso doméstico e industrial, cuyas operaciones se iniciaron en 1996, con la compra de la planta envasadora de Gas Granel S.A., en el distrito de San Martín de Porres de Lima; con esta compra se ingresa al mercado con la marca SUPER GAS, cubriendo inicialmente el mercado de Lima Norte.

La visión y misión de la empresa es ser reconocidos como una empresa seria y responsable, que brinde productos de calidad a un precio competitivo. La visión y el compromiso de todas las personas involucradas con los objetivos de la empresa, dieron como resultado que en los siguientes años ingresemos con mayor presencia en el mercado a través de estrategias de comercialización y nuevas marcas como: SUPER GAS, MAS GAS, ELITE GAS y SOLO GAS, cada marca desarrollada con diferentes conceptos para cubrir todos los sectores de mercado.

Actualmente, con mayor madurez, la planta envasadora, se está enfocando en seguir creciendo en la distribución de balones domésticos de GLP; para lo cual en el 2015 la empresa iniciara operaciones de su nueva planta envasadora. La nueva planta contara con procesos automatizados con tecnología extranjera de punta, la cual nos permitirá mejorar los estándares de calidad y eficiencia en costos, además de estandarizar la calidad de todas nuestras marcas, esto nos permitirá seguir compitiendo con las marcas líderes en el mercado.

#### **4.3.2. Análisis de Clientes y Proveedores**

Sus principales clientes de la empresa son empresas comerciales e industriales, los mismos que están ubicados en los distritos de San Martín de Porres, Comas, Carabayllo, Puente de Piedra, Independencia, Los Olivos, Barranco, y Chorrillos.

Sus principales proveedores son Petroperú con el 80% de abastecimiento, Repsol con el 15%, Pluspetrol con el 3%, y Zeta Gas con el 2%. Tomando en cuenta que el abastecimiento diario promedio es de 38,000 galones de GLP.

### 4.3.3. Prioridades Competitivas

Las prioridades competitivas son las dimensiones operativas cruciales que un proceso o cadena de valor deben poseer para satisfacer a los clientes internos o externos, tanto en el presente como en el futuro (Krajewski et al., 2008).

Una empresa consigue una ventaja gracias a su sistema de operaciones si consigue superar el rendimiento de sus competidores en una o en varias de esas capacidades. Existen nueve prioridades competitivas posibles en el rubro de operaciones y pueden dividirse en cuatro grupos:

- 1. Costo.** *Operaciones de bajo costo.* Las empresas envasadoras compiten en precio y deben mantener sus costos bajo control. El costo de adquisición del GLP a granel de las refinerías está influenciado por las variaciones del mercado internacional, la política tributaria, y la informalidad; por lo que es difícil su fiscalización. Por eso es importante que el proceso de envasado se realice al menor costo posible, en el caso de la empresa materia de estudio, sus procesos en su mayoría son manuales y el nivel de automatización prácticamente es nula, una inversión en la automatización del proceso de envasado, incrementaría la capacidad instalada, reducirían los costos unitarios, incrementaría su productividad y por ende la empresa tendría precios más atractivos y como resultado sería más competitiva.
- 2. Calidad.** *Calidad superior.* Los productos que ofrece la empresa, no está al nivel de poder ofrecer productos de una calidad sobresaliente. *Calidad consistente.* Los productos que ofrece la empresa en general cumplen con las especificaciones requeridas de peso y presentación; sería importante que el proceso de pesado sea automatizado, para ser más precisa la cantidad ofrecida y entregada a los clientes.
- 3. Tiempo.** *Velocidad de entrega.* En general la empresa surte los pedidos según lo solicitado por sus clientes. *Entrega a tiempo.* En general la empresa cumple con las fechas de entrega prometidas. *Velocidad de desarrollo.* La empresa no cuenta con una rapidez adecuada para introducir nuevos productos al mercado, debido a que principalmente a su proceso de producción que en su mayoría es manual.
- 4. Flexibilidad.** *Personalización.* La empresa no tiene la capacidad de satisfacer las necesidades peculiares de cada cliente mediante la modificación del diseño de productos que ofrece. *Variedad.* La empresa maneja un limitado surtido de productos con eficiencia, quizás con un nivel de automatización podría aumentar el surtido de sus productos. *Flexibilidad de volumen.* La empresa no es capaz de

acelerar o desacelerar rápidamente la tasa de producción de los productos ofrecidos para hacer frente a fluctuaciones pronunciadas de la demanda. Esto se debe a que se maneja una tasa de producción promedio de 7,000 balones por día; y no pueden bajar de ese nivel ya que sus costos se incrementarían y no podrían cumplir con abastecer a sus clientes.

#### **4.3.4. Descripción del Sistema Productivo**

##### **A. Productos**

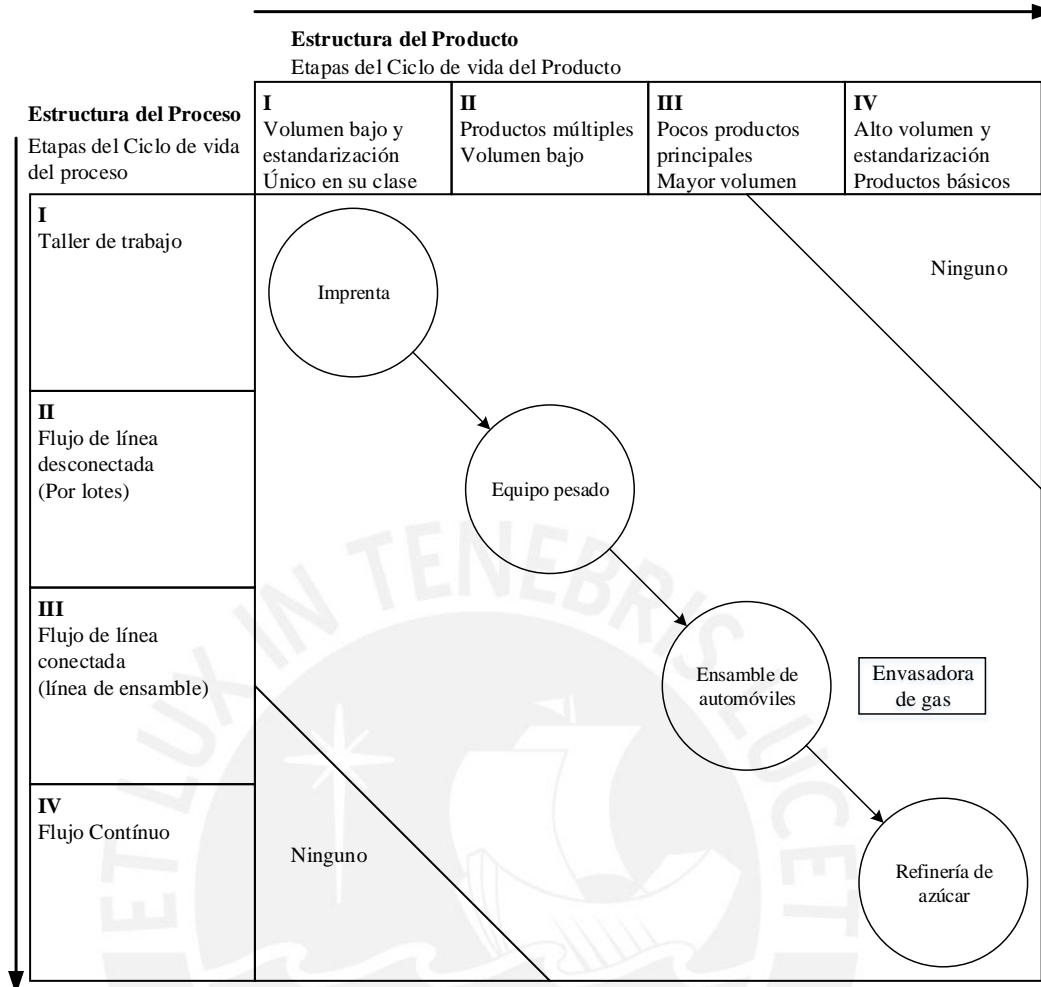
El principal producto que comercializa la empresa es GLP envasado en presentaciones de 5 Kg. (pequeños negocios y/o camping), 10 Kg. (uso doméstico), 15 Kg. (uso en montacargas), y 45 Kg. (uso industrial); mediante las marcas SUPER GAS, SOLO GAS, ELITE GAS, y MÁS GAS.

##### **B. Procesos**

Los principales procesos de la empresa envasadora de GLP se describen a continuación.

- Ingreso de camiones de reparto.
- Descarga de balones vacíos.
- Selección y limpieza de los balones de gas.
- Mantenimiento (Pintado de los balones, logo, y enderezado de casquetes).
- Pesado de Tara.
- Envasado y pesado (según presentación).
- Verificación de peso y sellado.
- Trasvase a otro balón (cuando las válvulas están en mal estado).
- Plataforma de despacho.

En la Figura 40, se presenta la matriz Producto – Proceso del sistema productivo para el envasado de GLP. Según la estructura de productos principales son pocos y estandarizados (cuatro presentaciones) y el volumen de producción relativamente alta. Según la estructura del proceso es muy repetitivo, con flujos lineales conectados, y se mantiene poco inventario entre cada paso de procesamiento.



*Figura 40. Matriz Producto – Proceso del Envasado de GLP  
Adaptado de Hayes y Wheelwright (1979)*

En la Figura 41, se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso de envasado de GLP, en donde intervienen 12 operaciones y tres inspecciones que están relacionados a los controles proceso y al control de la calidad.

El nivel de automatización que mantiene la empresa en el envasado de GLP es prácticamente nula, ya que en cada paso del proceso productivo interviene la mano de obra especializada, desde la recepción de los balones vacíos hasta la carga de los balones llenos en los camiones de reparto.

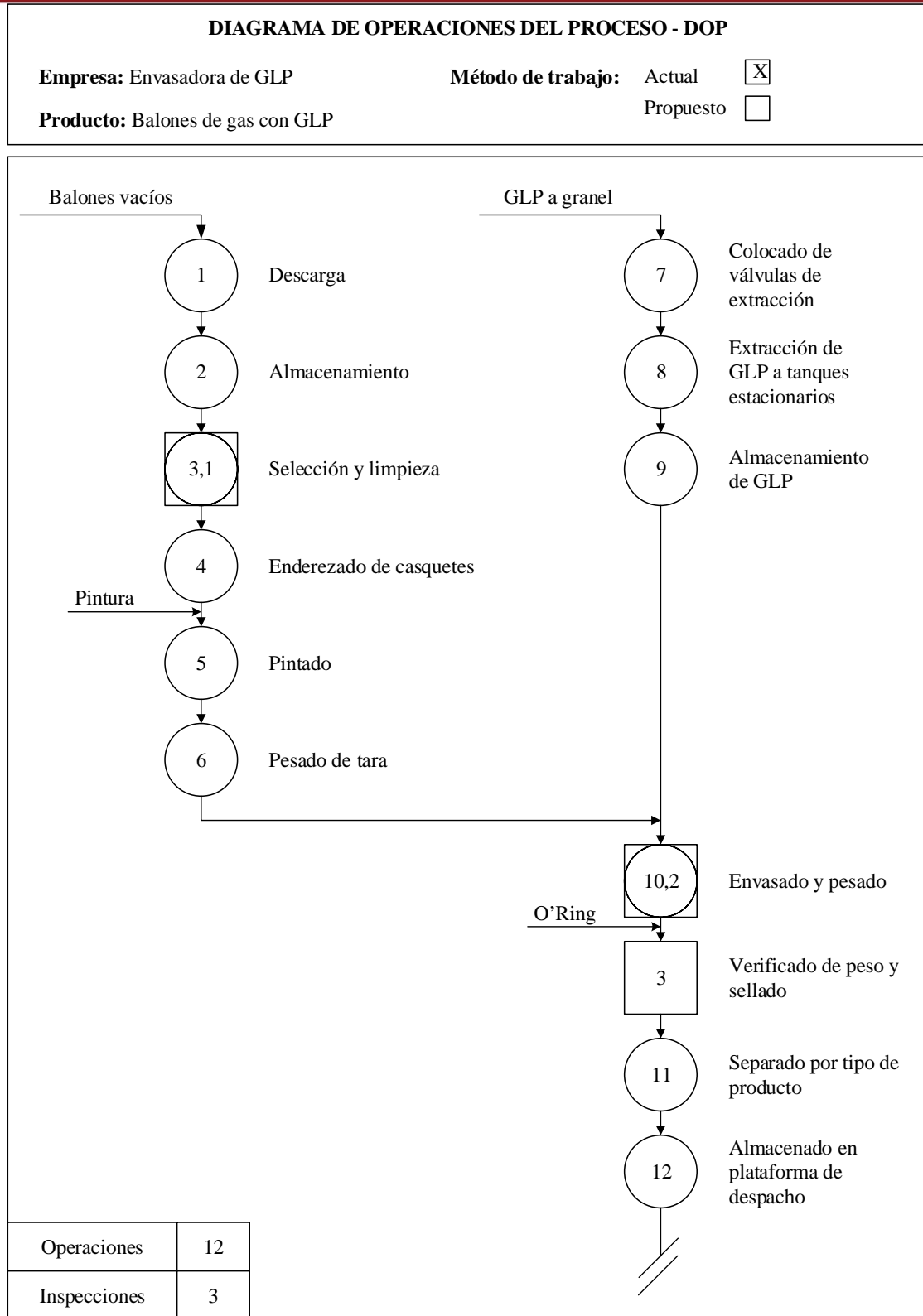


Figura 41. Diagrama de Operaciones del Proceso de Envasado de GLP

## C. Operaciones

Las operaciones dentro de la empresa, se han clasificado en: manuales y no manuales.

1. **Manuales.-** Descarga, almacenamiento, selección, limpieza, enderezado de casquetes, pintado de balones de gas, pesado de tara, colocado de válvulas de extracción, pruebas de Control de la Calidad, almacenamiento en plataforma de despacho, y carga de los balones a las unidades de reparto.
2. **No manuales.-** Son los procesos que realizan las maquinas: Extracción de GLP a tanques estacionarios, Envasado y pesado.

En las operaciones del envasado de GLP, se han detectado los siguientes problemas, que se describen a continuación:

- **Calidad.** Aproximadamente el 95% de la producción se destina al envasado de los productos de mayor demanda con las marcas SUPER GAS y SOLO GAS; ambas marcas son envasadas en balones de regular presentación en referencia al estado físico, pintado del balón, y logo. Estos productos se comercializan a un precio relativamente bajo y son destinados a los segmentos socioeconómicos C y D. El 5% restante de la producción se destina al envasado de los productos de menor demanda con las marcas ELITE GAS y MÁS GAS; ambas marcas son envasadas en balones de mejor presentación en referencia al estado físico, pintado del balón y logo. Estos productos se comercializan a un precio más elevado y son destinados al segmento socioeconómico B. La empresa no cuenta con un llenador automático para el envasado de GLP, lo hacen con un llenador que es activado manualmente y el pesado lo hacen con balanzas ubicadas en cada línea de producción, al ser un llenado manual y pesado en balanzas puede muchas veces no contener en peso exacto de GLP en los balones de gas. Finalmente, los balones de gas no son sometidos a un ensayo hidrostático que permita identificar una disminución de presión y fugas en el balón de gas. La automatización del proceso de envasado de GLP, ayudaría a mejorar la calidad de los productos de la empresa.
- **Costos.** Según lo mencionado anteriormente en las prioridades competitivas, los procesos de la empresa en su mayoría son manuales y el nivel de automatización prácticamente es nula. La automatización del proceso de envasado, incrementaría la capacidad instalada, reducirían los costos unitarios, el flujo de producción sería

continua, se incrementaría la productividad, y la empresa tendría precios más atractivos y como resultado sería más competitiva.

- **Atención al cliente.** La empresa atiende principalmente a distribuidores mayoristas y minoristas, los pedidos son surtidos por la producción del día anterior mediante la modalidad MTS que representa el 95%, y mediante la modalidad MTO que representa el 5%. Según información proporcionada por la empresa, a los actuales clientes abastece de manera regular, y con el inicio de operaciones de su nueva planta de envasado automatizado, pretende ampliar su cartera de clientes, mejorara sus estándares de calidad, ser más eficiente en el manejo de sus costos, y estandarizar la calidad de todos sus productos.

#### **D. Materiales e insumos**

La materia prima principal es el GPL, el cual es adquirido a granel y abastecido por cisternas cuya capacidad promedio es de 13,000 galones; el abastecimiento promedio diario es de 38,000 galones de GPL. Los principales insumos son los balones de gas vacíos, tapas de válvula de plástico, pintura, O-Ring, y válvulas de balón de gas.

#### **E. Instalaciones, maquinaria y equipos**

Las instalaciones físicas de la empresa, se encuentran en el distrito de San Martín de Porres. Las oficinas administrativas se ubican en la misma locación de la planta de producción.

La maquinaria y equipo utilizado en el proceso de envasado de GPL, se describe a continuación:

- 3 camiones cisterna de 14,000; 13,000; y 11,000 galones de capacidad.
- Una bomba y un compresor para el trasiego de GPL.
- Dos tanques estacionarios de almacenamiento, con capacidad de 1000 galones c/u.
- Plataforma de envasado con 12 balanzas estacionarias con llenador de GPL.
- Balanza de control de peso.
- Soplete para pintado de balones.

En general, los equipos no son automatizados, y no tienen equipos que incorporen tecnología para el control como PLCs, controladores, etc.

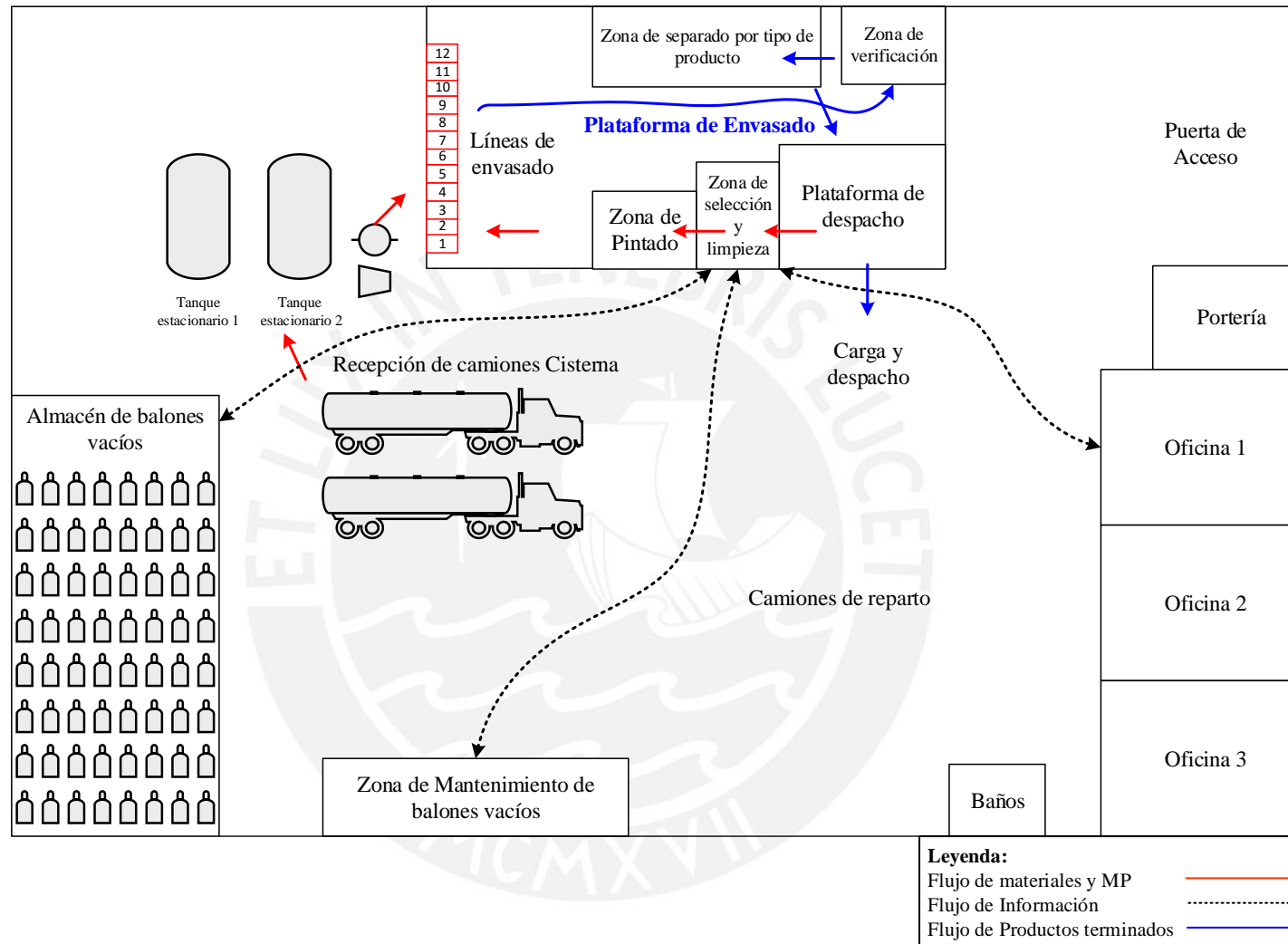
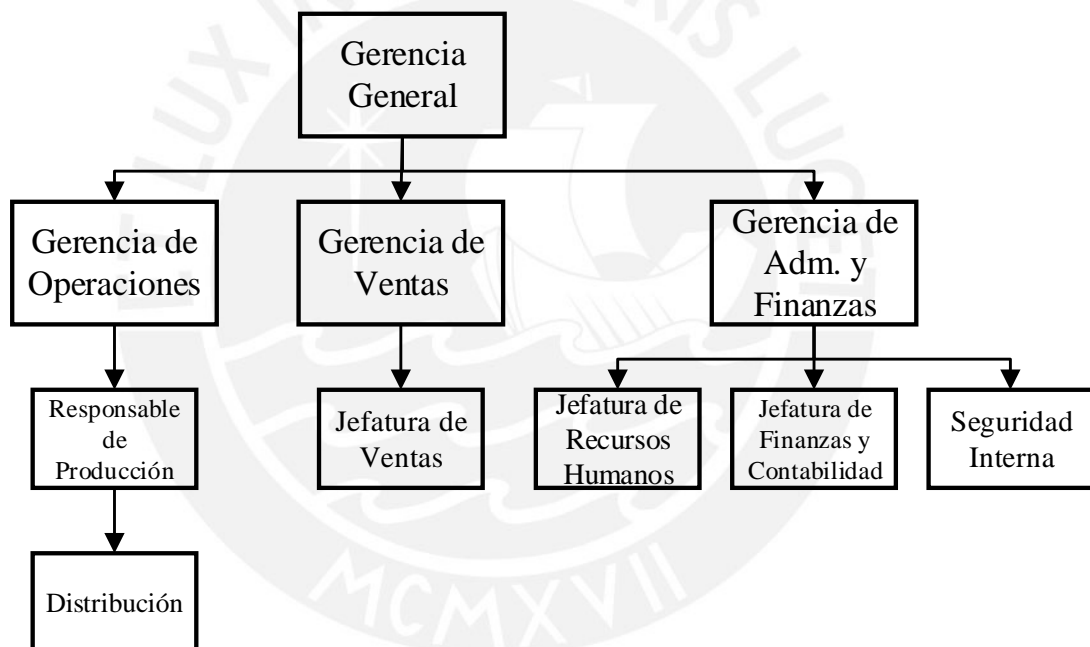


Figura 42. Distribución de Planta de la empresa envasadora de GLP

En la Figura 42, se muestra la distribución de planta de la empresa envasadora de GLP, donde se observa claramente que la distribución de los procesos está en forma de U, haciendo la mayoría de los procesos fluyan de una manera constante, salvo en el proceso de selección y limpieza, donde los balones pueden destinarse para stock o para reparación según sea el caso.

## F. Personal

La empresa cuenta con un total de 130 trabajadores, entre administrativos y personal operativo. La organización se divide en las siguientes gerencias: Gerencia General, Gerencia de Operaciones, Gerencia de Ventas, y Gerencia de Administración y Finanzas.



*Figura 43.* Organigrama de la empresa envasadora de GLP  
Adaptado de la empresa envasadora de gas

La empresa no cuenta con un departamento o área de PCP. En la planificación de la producción interviene personal de la gerencia de operaciones y la gerencia de ventas. Por defecto, aproximadamente el 95% de la producción está destinado para el envasado de las marcas SUPER GAS y SOLO GAS; y el 5% restante está destinado para el envasado de las marcas ELITE GAS y MÁS GAS; estos últimos se realiza a pedido, y la información parte de los choferes de los camiones repartidores, que es

canalizada por el Gerente de Operaciones, y por comunicación expresa de los clientes (llamadas y/o e-mails), que es canalizada por el Gerente de Ventas. En todo este proceso intervienen de manera directa 2 personas, y manera indirecta 16 personas.

#### **4.3.5. Descripción y Análisis de la Gestión de la Producción**

En este punto se describen los sistemas de información utilizados en la gestión de las operaciones de la empresa; y cómo gestiona la planificación, programación y control de la producción. Es importante indicar que la empresa no utiliza ningún sistema de producción estructurado para la gestión de sus operaciones, es decir, la gestión de sus operaciones se hace de manera empírica y por experiencia de sus trabajadores.

##### **A. Sistemas de información**

En referencia a la planificación, programación y control de la producción, la empresa no cuenta con un sistema de información (TI) que permita manejar adecuadamente la gestión de estos procesos. Solo tienen un sistema de información para el manejo de su gestión económico y financiero, un ERP diseñado a medida.

##### **B. Planificación de la Producción**

La empresa envasadora de gas, realiza la planificación de la producción de la siguiente manera:

- No manejan ningún sistema de pronósticos para la demanda de sus productos (planificación de Ventas y Operaciones).
- La planificación se inicia con la información proporcionada por los choferes de los camiones de reparto, y por comunicación expresa de los clientes (vía telefónica y/o e-mails) en referencia a pedidos especiales (tipo de presentación), marca y cantidad de producto en particular. Esta información es brindada entre las 4pm y 7 pm, que sirve como base para la producción del segundo turno.
- La capacidad de producción es de 720 bolones de GLP por hora.
- La Producción es de 350 balones de GLP por hora.
- La Producción es de 7,000 balones de GLP por día.
- Se trabaja en dos turnos de 12 horas cada uno.

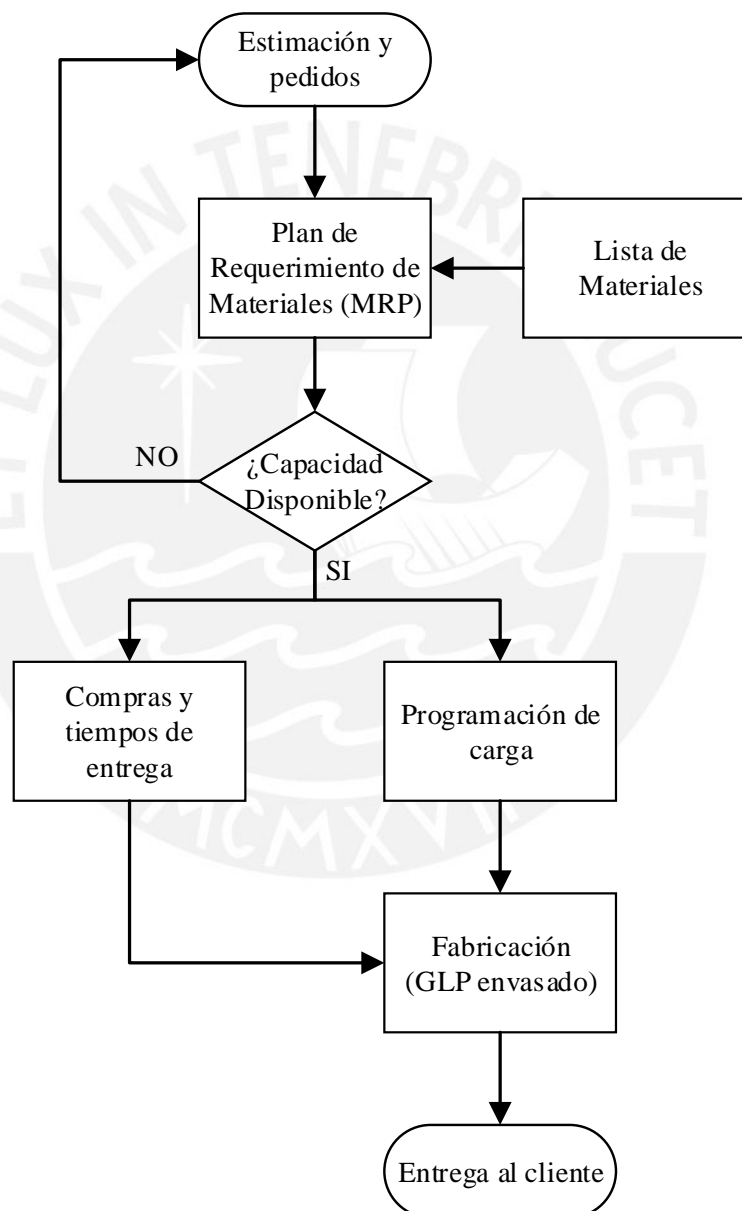
- En cada turno trabajan 10 operarios, 4 operarios para el proceso de envasado, y 6 operarios para los procesos de descarga, selección, limpieza, pintado y mantenimiento de balones vacíos, y verificación de peso y sellado.
- Cada turno destina 10 horas para el envasado del GLP.
- En el 2015 iniciarán sus operaciones con una nueva planta envasadora.
- En condiciones normales siempre se cuenta con abastecimiento de GLP a granel, salvo en los meses de mayo y agosto, donde se ve algo restringida debido a las mareas anómalas que no permiten a los buques que provienen de Pisco abastecer de manera oportuna de GLP a las refinerías de Lima.
- La empresa no cuenta con una política de inventario para almacenar productos terminados.
- Existe una política de préstamos de envases vacíos a los distribuidores (clientes), con la finalidad de poder concretar mayores ventas; existe un control de estos materiales y la información se cruza con los datos de los departamentos de Ventas, Operaciones y Administración.

### C. Programación de la Producción

La empresa, realiza la programación de la producción de la siguiente manera:

- Con la información recabada de los choferes y de los clientes, se define el tipo de presentación, marca, y cantidad de productos a envasar.
- Aproximadamente un 90% de la producción de envasado corresponde a la presentación de 10 Kg., y de la marca SUPER GAS (su marca más comercializada). Fabricación bajo la modalidad MTS (make to stock).
- Aproximadamente un 5% de la producción de envasado corresponde a la presentación de 10 Kg., y de la marca SOLO GAS. Fabricación bajo la modalidad MTS (make to stock).
- El 5% restante de la producción de envasado corresponde a la presentación de 10 Kg., y a las marcas ELITE GAS y MÁS GAS (productos envasados bajo pedido). Ambos marcas tienen una mejor presentación y pintado del logo. Fabricación bajo la modalidad MTO (make to order).
- Los productos con presentaciones de 5 Kg., 15 Kg., y 45 Kg.; la producción se realiza bajo pedido (MTO) y se envasan en promedio una vez por semana.
- La empresa no cuenta con indicadores de producción.
- Los procesos son estandarizados y claramente definidos.

- La empresa no cuenta con altos niveles de inventario de GLP a granel, solo se abastece para la producción de envasado de un día.
- La empresa no almacena balones con GLP envasados, la producción del día es comercializada máximo el día siguiente.
- El tiempo estándar del proceso de envasado es de 1 balón / minuto.
- La logística de salida lo realiza mediante la utilización de 16 camiones para reparto cuya capacidad de carga es de 400 balones.



*Figura 44.* Diagrama de Flujo del MRP de la empresa envasadora de GLP  
Adaptado de las operaciones de la empresa

En la Figura 44, se presenta el Diagrama de Flujo del MRP adaptado a la realidad de la empresa envasadora de GLP, es importante mencionar que la empresa no utiliza ningún sistema de planificación. Todo el proceso empieza con la estimación en función de las demandas pasadas, donde aproximadamente el 95% de productos a fabricar son las marcas SUPER GAS y SOLO GAS, el 5% restante es a pedido de los clientes. Se revisan los materiales a utilizar y el estado de los inventarios, cuya finalidad es calcular el requerimiento de materiales. Posteriormente, se efectúan las compras (GLP, insumos, etc.). Luego se programa la carga de trabajo y se procede al envasado del GLP. Finalmente, estos son distribuidos a los clientes.

#### **D. Control de la Producción**

La empresa, realiza el control de la producción de la siguiente manera:

- La empresa no utiliza ninguna herramienta estadística para el control de sus operaciones productivas.
- En el proceso de envasado el peso del contenido de los balones de GLP se realiza mediante el uso de balanzas, ubicadas en cada línea de envasado.
- Los balones llenos con GLP que salen de cada línea de envasado, son pesados por segunda vez y se revisa el estado de la válvula y del O'Ring.
- Si los balones con GLP están con el O'Ring en mal estado, en ese mismo instante se procede a su cambio por uno nuevo.
- Si los balones con GLP están con la válvula en mal estado, se realiza la operación de trasvase a otro balón vacío y se procede al cambio de una nueva válvula, y finalmente se trasvasa al balón con la válvula en buen estado.
- La empresa no cuenta con un indicador de merma o evaporación del GLP, producto de la manipulación y/o por uso de los equipos.

## 4.4. Caso 2: Empresa de servicios gráficos

### 4.4.1. Descripción General de la empresa

Es una empresa que ofrece servicios gráficos integrales de pre prensa digital, que brinda los servicios de CTP, insolado y procesado de placas, filmación de fotolitos, pruebas digitales y, diseño gráfico al mejor precio, calidad y tiempo; cuenta con la mejor tecnología y personal capacitado que entiende las necesidades y expectativas de sus clientes, con el compromiso de ser su socio estratégico, y que es respaldado con equipamiento de última generación.

La empresa cuenta con cuatro amplios locales y atiende las 24 horas y, como valor agregado se ofrece el servicio delivery, FTP (transferencia de archivos) y, asesoría gráfica personalizada.

### 4.4.2. Análisis de Clientes y Proveedores

Sus principales clientes de la empresa son las imprentas ubicadas en Lima Metropolitana y, también clientes particulares que solicitan servicios gráficos de tipo diverso.

Sus principales proveedores son Kralbi que le abastece de placas, Linder que le abastece reactivos de reveladores y, Multiserv que le suministra filtros para los equipos.

### 4.4.3. Prioridades Competitivas

Las prioridades competitivas son las dimensiones operativas cruciales que un proceso o cadena de valor deben poseer para satisfacer a los clientes internos o externos, tanto en el presente como en el futuro (Krajewski et al., 2008).

Una empresa consigue una ventaja gracias a su sistema de operaciones si consigue superar el rendimiento de sus competidores en una o en varias de esas capacidades. Existen nueve prioridades competitivas posibles en el rubro de operaciones y pueden dividirse en cuatro grupos:

1. **Costo.** *Operaciones de bajo costo.* El sector gráfico y en especial el de pre prensa es muy competitivo, por lo que la empresas deben mantener sus costos bajo control. Debido a la gran variedad de servicios que ofrecen, unos cuantos puntos

en sus cotizaciones pueden hacer la diferencia entre ser competitivos o no serlo. En el caso de empresa materia de estudio, sus procesos en su mayoría son tecno manuales y el nivel de automatización es de un nivel intermedio

2. **Calidad.** *Calidad superior.* Los servicios que ofrece la empresa, en su gran mayoría son de una calidad sobresaliente, ya que el sector así lo demanda. *Calidad consistente.* Los servicios que ofrece la empresa en general cumplen con las especificaciones requeridas por los clientes, que son entregadas por e-mail, USB o CD.
3. **Tiempo.** *Velocidad de entrega.* En general la empresa suministra los pedidos según lo solicitado por sus clientes y van a depender del tipo de servicio y la cantidad. *Entrega a tiempo.* En general la empresa tiene una tasa de cumplimiento del 95%. *Velocidad de desarrollo.* La empresa cuenta con un sistema llamado APOYOS, el cual permite gestionar de manera rápida desde la edición hasta el grabado CTP.
4. **Flexibilidad.** *Personalización.* La empresa cuenta con la capacidad de satisfacer las necesidades peculiares de cada cliente mediante la modificación del diseño de los servicios que ofrece. *Variiedad.* La empresa maneja un surtido amplio de servicios con una relativa eficiencia, quizás con un nivel mayor de automatización y compra de más equipamiento, podría aumentar el surtido de sus servicios. *Flexibilidad de volumen.* La empresa es capaz de distribuir los pedidos entre sus cuatro sedes, logrando una adecuada flexibilidad en función a la demanda y/o variación del mercado y los proveedores; la empresa siempre busca de atender y satisfacer la demanda de sus clientes.

#### 4.4.4. Descripción del Sistema Productivo

##### A. Productos

Los principales servicios que ofrece la empresa son: placas insoladas, pruebas de color, plotters, pruebas láser, filmación de fotolitos, asesoramiento gráfico, digitalización y retoque digital, e impresión por demanda (gigantografías).

##### B. Procesos

Los procesos de la empresa que ofrece los servicios de pre prensa son:

- Edición de la OT.
- Verificación de información.

- Asignación de carga de trabajo.
- Revisión del archivo.
- Generación de orden.
- Acondicionado en máquina y/o sistema.
- Verificación.
- Despacho.

En la Figura 45, se presenta la matriz Producto – Proceso del sistema productivo para los servicios de pre prensa digital. Según la estructura de productos se realizan en lotes de trabajo, siguiendo las especificaciones de los clientes, y el volumen depende de los pedidos que puede ser bajo a moderado. Según la estructura del proceso es moderadamente complejo, con flujos lineales desconectados, y se mantiene niveles de inventario controlados entre cada paso de procesamiento.

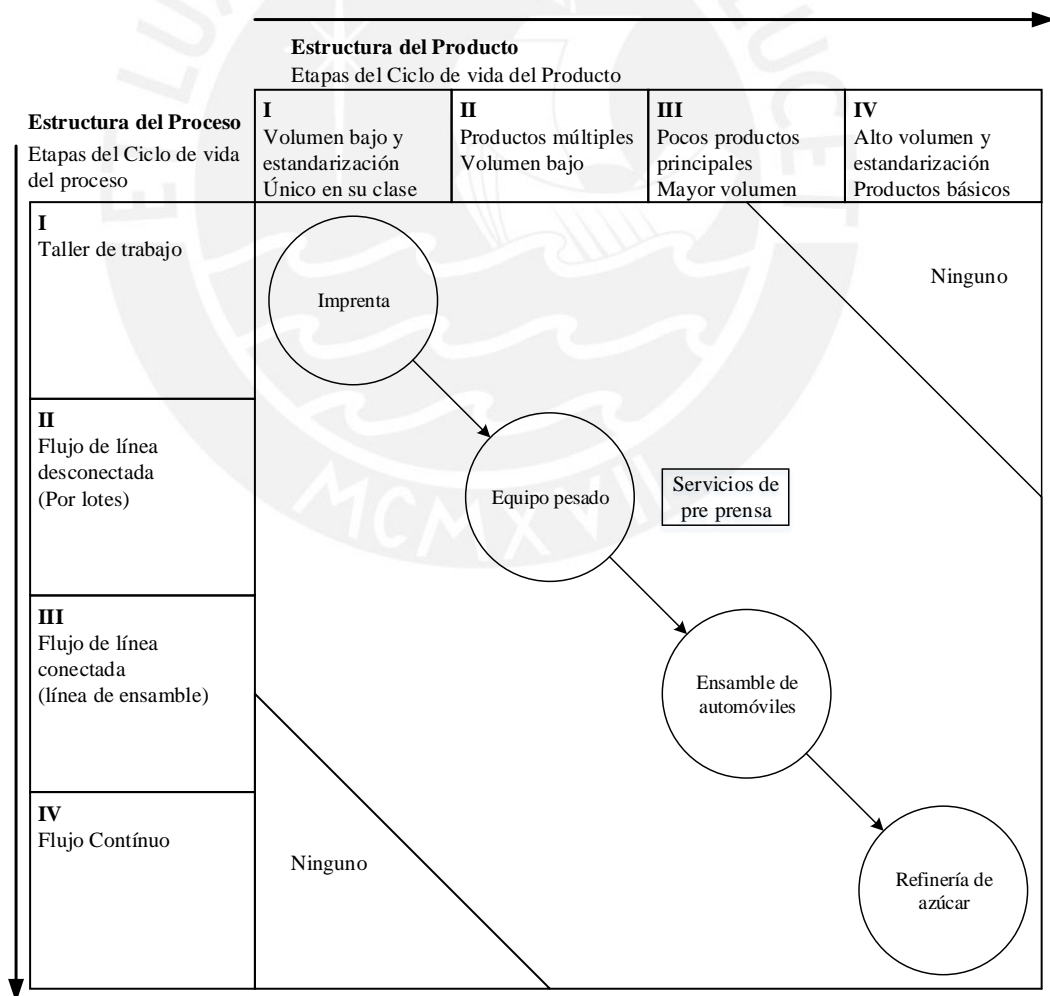


Figura 45. Matriz Producto – Proceso de Servicios Gráficos  
Adaptado de Hayes y Wheelwright (1979)

En la Figura 46, se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso de servicios gráficos, en donde intervienen 07 operaciones y 03 inspecciones que están relacionados a los controles del proceso y al control de la calidad.

El nivel de automatización que mantiene la empresa en los servicios gráficos de pre prensa es relativamente baja, por ejemplo en CTP es 80% tecnológico y 20% manual, y en edición es 50% tecnológico y 50% manual. La mano de obra es especializada, y es apoyada por equipos especializados y software para la realización de los servicios requeridos por los clientes.

### C. Operaciones

Las operaciones dentro de la empresa se han clasificado en: manuales y no manuales.

- 1. Manuales.-** Se puede mencionar operaciones como: insertado de materiales al sobre, recepción de placas, verificado de la filmación de fotolitos e Insolado de placas.
- 2. No Manuales.-** El resto de operaciones se realizan en computadora y en equipos especializados; tales como: editado, verificado de información, revisado de archivo, etc.

En las operaciones del servicio gráfico de pre prensa, se han detectado los siguientes problemas, que se describen a continuación:

- **Calidad.** La empresa es muy cuidadosa con la información y especificaciones enviada por sus clientes, de tal manera, que se asegura con ofrecer sus servicios con la mejor calidad posible.
- **Costos.** La empresa no cuenta con un adecuado control de los costos, y la información que tienen registrado en su sistema, carece de un sinceramiento o actualización de sus datos.
- **Atención al cliente.** Existen ocasiones que las especificaciones enviadas por los clientes para un servicio determinado, son interpretadas de una manera errada, por lo que tienen que consultar a sus clientes sobre las particularidades de cada uno de estos pedidos. En general, la empresa trata de satisfacer de una manera correcta y oportuna los pedidos de sus clientes.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO - DOP**

**Empresa:** Servicios gráficos de pre prensa      **Método de trabajo:** Actual   
 Propuesto   
**Producto:** Varios

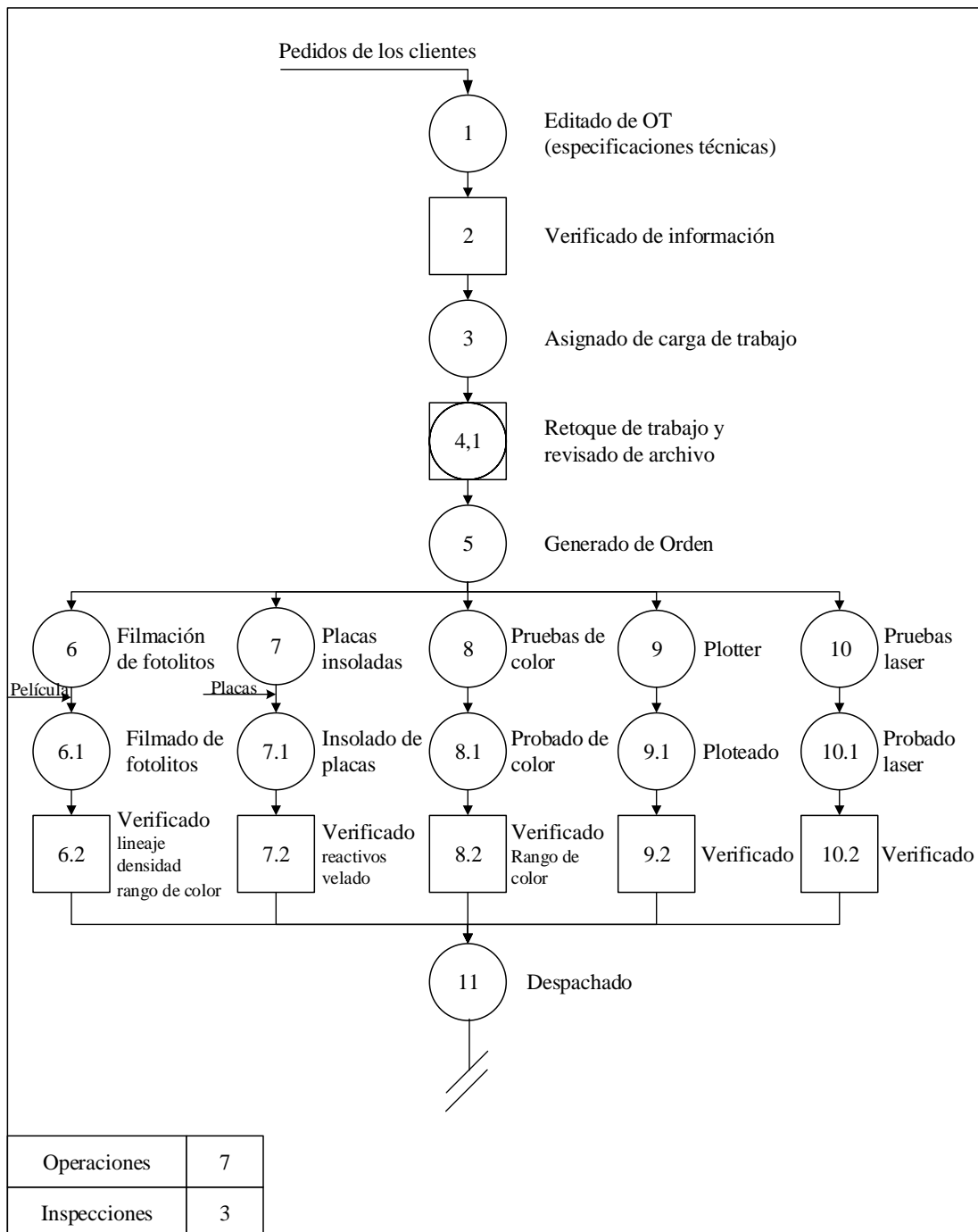


Figura 46. Diagrama de Operaciones del Proceso de servicios de pre prensa

#### D. Materiales e insumos

Los principales materiales e insumos que utiliza la empresa son:

- Placas de Al de 15 mm y 30 mm.
- Papel Fotoglose, para pruebas de color.
- Papel Plotter 90 g.
- Hojas A3 y A4 de 75 g.
- Películas (negativos) color verde.
- Revelador de películas.
- Fijador de películas.
- Revelador de placas.
- Goma para placas.
- Soda cáustica.
- Agua dura.

#### E. Instalaciones, maquinaria y equipo

Las instalaciones físicas de la empresa, se encuentran en cuatro distritos: Lima cercado, Breña, Lince y chorrillos. Las oficinas administrativas se ubican en el distrito de Lince.

La maquinaria y equipo utilizado para los servicios gráficos de pre prensa, se describe a continuación:

- CTP Avalon N8-22 Agfa (pliego completo 940 mm x 1160 mm)
- Dos CTP Cron (pliego completo 940 mm x 1160 mm)
- CTP Screen 4300 E (medio pliego 70 x 50)
- Dos filmadoras Avantra 44-S Agfa (pliego completo)
- Filmadora Herkules Pro Heidelberg (medio pliego)
- Tres plotters HP 1050C para pruebas al tamaño
- Tres pruebas a color de contrato Agfa y GMG
- Corel X4, X5 y X6
- QuarkXpress
- Adobe Acrobat Professional
- Adobe PageMaker
- Adobe Illustrator CS6
- Adobe Photoshop CS6
- Adobe Indesing CS6
- Flujo de trabajo: ApogeeX Comercial 8.00
- RIP Navigator XITRON
- Software para prueba de color de contrato: GMG

## F. Personal

La empresa cuenta con un total de 70 trabajadores, entre administrativos y personal operativo. La organización se divide en una Gerencia General, Jefatura de Organización y Métodos, y Administración General que abarca: Recursos Humanos, Producción y Almacenes.

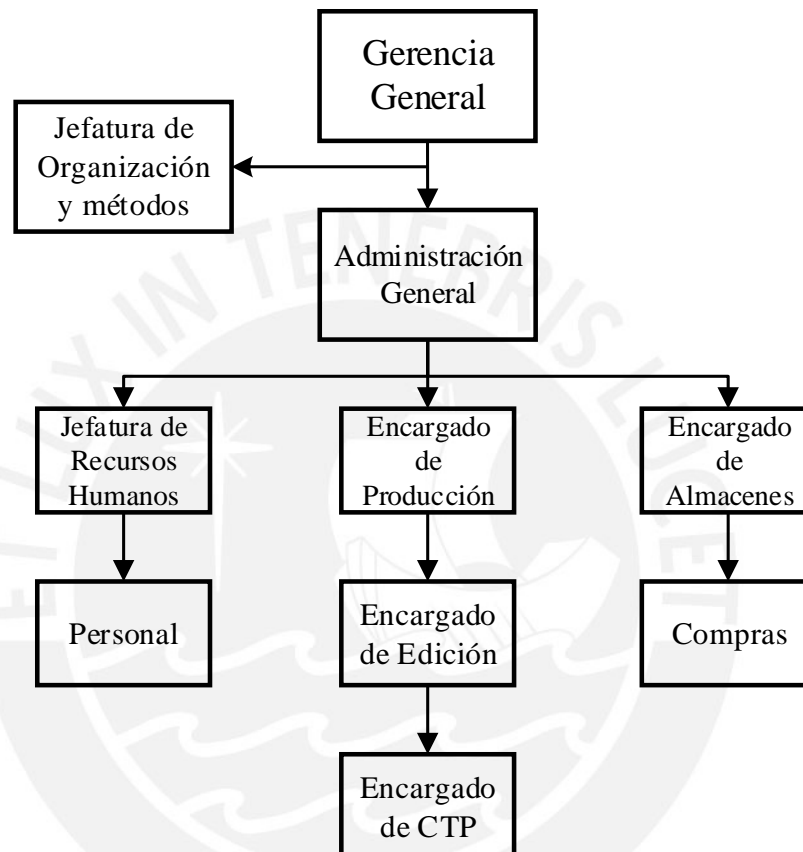


Figura 47. Organigrama de la empresa de servicios de pre prensa  
Adaptado de la empresa de servicios de pre prensa

La empresa no cuenta con un departamento o área de PCP. En la planificación de la producción interviene el área de Organización y Métodos y la Administración General. Todos los servicios ofrecidos por la empresa se realizan bajo pedido de sus clientes, no se manejan stock de seguridad de productos terminados. La información es proporcionada por parte de ellos mediante medios electrónicos, y/o llamadas telefónicas. En todo este proceso intervienen de manera directa 3 personas, y manera indirecta 36 personas.

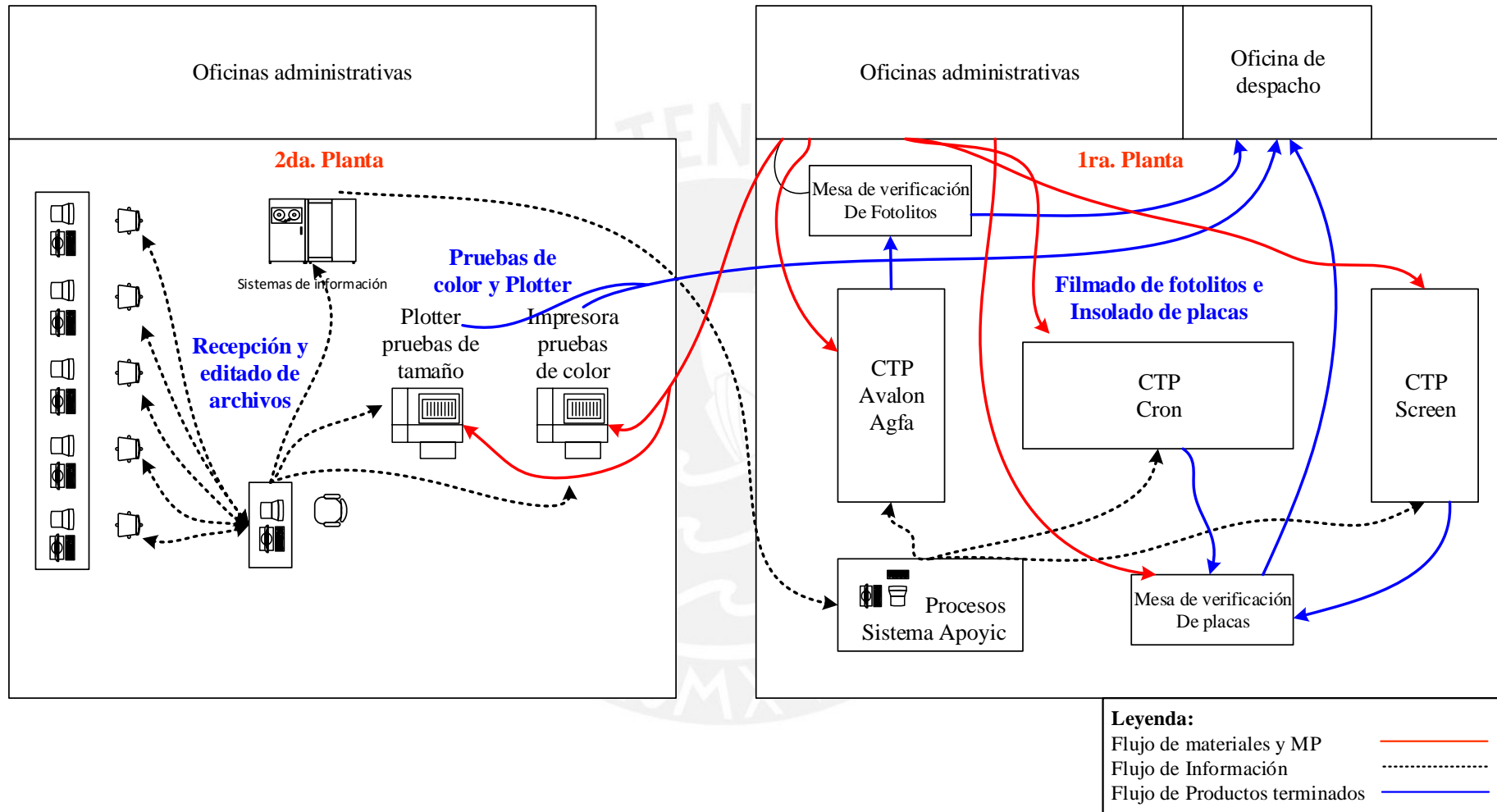


Figura 48. Distribución de Planta de la empresa de servicios de pre prensa

En la Figura 48, se muestra la distribución física de las instalaciones del área de producción de la empresa de servicios gráficos de pre prensa, donde se observa claramente que la distribución de los procesos fluye del segundo nivel al primer nivel, de una forma relativamente ordenada, tomando en cuenta que los ambientes donde se realizan los trabajos son pequeños, lo que hace que entre proceso y proceso no se recorran grandes distancias y éstos fluyan de una manera ordenada y constante, salvo en las pruebas de color y plotter, donde una vez realizada estas pruebas, se destinan directamente a la oficina de despachos.

#### **4.4.5. Descripción y Análisis de la Gestión de Producción**

En este punto se describen los sistemas de información utilizados en la gestión de las operaciones de la empresa; y cómo gestiona la planificación, programación y control de la producción. Es importante indicar que la empresa se apoya en software especializado para la gestión de sus operaciones, y personal calificado para el desarrollo de cada uno de los procesos de los servicios digitales de pre prensa.

##### **A. Sistemas de Información**

En referencia a la planificación, programación y control de la producción, la empresa cuenta con un sistema llamado APOYOS que permite gestionar adecuadamente los procesos de producción. Adicionalmente cuentan con un sistema de información para el manejo de su gestión contable y financiero.

##### **B. Planificación de la Producción**

La empresa de servicios de pre prensa, realiza la planificación de la producción de la siguiente manera:

- Manejan un sistema de pronósticos para la demanda de sus servicios (planificación de Ventas y Operaciones).
- La planificación se inicia con la información proporcionada por los clientes por medios físicos o electrónicos (especificaciones técnicas).
- Se trabaja en tres turnos de 8 horas cada uno.
- En cada turno trabajan 12 técnicos especializados.
- La disponibilidad de materia prima es gestionado con diversos proveedores para poder contar oportunamente con los materiales para sus procesos y, puedan satisfacer la demanda de sus clientes.

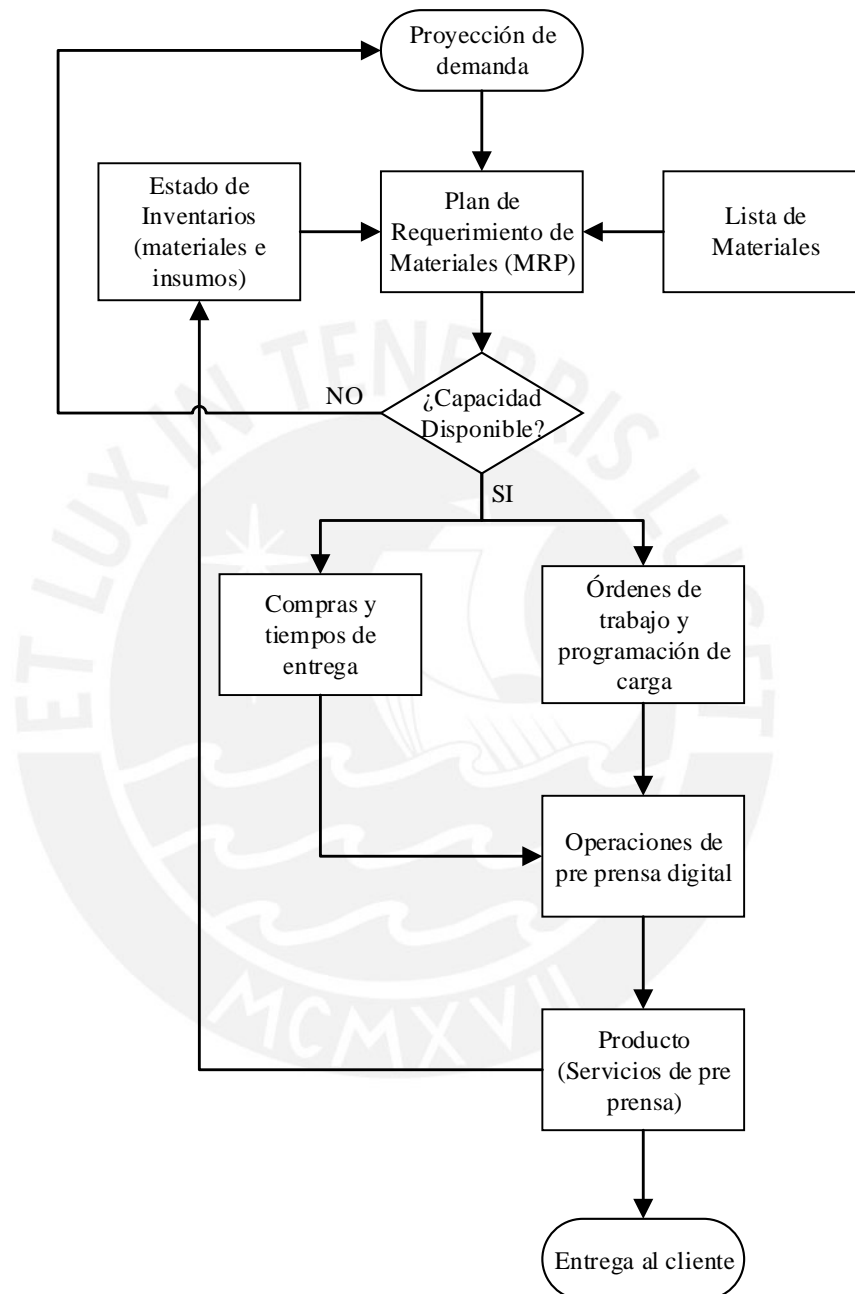
- La política de inventario de materia prima e insumos se establece en función a la demanda proyectada.

### C. Programación de la Producción

La empresa, realiza la programación de la producción de la siguiente manera:

- Con la información recabada de los clientes por medios físicos o electrónicos de las especificaciones técnicas, se inicia la etapa de programación de las operaciones productivas.
- Todos los servicios gráficos de pre prensa digital, se efectúan bajo la modalidad MTO (make to order). Es decir, en función a la demanda.
- Todos los archivos físicos y electrónicos son canalizados por un técnico monitor que se encarga de distribuir el trabajo a los técnicos del área de edición.
- Los archivos editados y ordenados por tipo de servicio son retornados al técnico monitor quien se encarga de darle el V°B° antes de ser enviados al área de operaciones.
- Una vez revisados los archivos y con el V°B° respectivo, se genera la orden de trabajo y se distribuye según tipo de servicio y por prioridad. Estos servicios incluyen: filmación de fotolitos, insolado de placas, pruebas de color y laser y, ploteado.
- Estas operaciones están bajo la supervisión del Jefe de Organización y Métodos, quien se encarga del cumplimiento de los servicios programados.
- En todos los servicios existen inspecciones iniciales y finales de los productos antes de ser enviados a la oficina de despacho.
- El Jefe de Organización y Métodos da el V°B° final a los productos y coordina con la oficina de despachos el término del servicio.
- La oficina de despachos se encarga de programar el despacho de los productos a los diferentes clientes de Lima Metropolitana.
- La empresa gestiona los siguientes ratios de producción: indicadores de mermas, productividad de la mano de obra, y rendimiento de insumos.
- El control de los inventarios de la materia prima y los insumos, se realiza mediante un kardex informático, donde se gestiona los stocks de seguridad y, la cantidad a pedir en función a la demanda histórica.

- La gestión de mantenimiento de los equipos se realiza de manera preventiva, donde los eventos son reportados por turno y por máquina, para que soporte técnico de la empresa programe el mantenimiento respectivo.



*Figura 49.* Diagrama de Flujo del MRP de la empresa de servicios de pre prensa  
Adaptado de las operaciones de la empresa

En la Figura 49, se presenta el Diagrama de Flujo del MRP adaptado a la realidad de la empresa de servicios de pre prensa, la empresa utiliza un sistema para la proyección de la demanda. Todo el proceso empieza con la estimación en función de

la demanda histórica, aproximadamente el 70% de servicios ofrecidos corresponden a la filmación de fotolitos e insolado de placas; el 30% restantes corresponden a los servicios de pruebas de color y laser y, ploteado. Se revisan los inventarios de los materiales e insumos a utilizar, cuya finalidad es calcular el requerimiento de materiales. Posteriormente, se emiten las órdenes de compra y se efectúan las compras. Luego se programa la carga de trabajo y se procede al procesamiento de los servicios de pre prensa. Finalmente, estos son distribuidos a los clientes.

#### **D. Control de la Producción**

La empresa, realiza el control de la producción de la siguiente manera:

- La empresa no utiliza ninguna herramienta estadística para el control de sus operaciones productivas.
- En el área de edición todos los trabajos son registrados en un sistema, para revisar y analizar la cantidad y el tipo de servicio requerido por sus clientes.
- En el área de operaciones todos los trabajos son registrados por turno en una hoja de Excel.
- Cada turno y área está bajo la supervisión de un técnico monitor, quien se encarga del cumplimiento de la programación de las órdenes de trabajo.

## 4.5. Caso 3: Empresa de fabricación de lavadoras

### 4.5.1. Descripción General de la empresa

Es una empresa dedicada a la fabricación y representación de equipos electromecánicos, su trayectoria se origina desde el año 1984 desde donde ha venido desarrollando e innovando su tecnología y fabricación con nuevos modelos y diseño. Así mismo también brindar soluciones integrales a la grande, mediana y pequeña empresa.

Más de 60 colaboradores forman el grupo de recursos humanos, entre ingenieros, consultores, expertos y técnicos altamente calificados y en constante formación profesional, ningún eslabón de la compañía queda al margen de un cuidado y permanente proceso de actualización y adaptación a las cambiantes tecnologías y a un perfeccionamiento en sus usos y sus aplicaciones.

### 4.5.2. Análisis de Clientes y Proveedores

Sus principales clientes de la empresa son hospitales, hoteles particulares, lavanderías, mineras, entre otras; ubicadas en el territorio nacional.

Sus principales proveedores son las empresas metalmecánicas, soldadoras, eléctricas, e insumos diversos.

### 4.5.3. Prioridades Competitivas

Las prioridades competitivas son las dimensiones operativas cruciales que un proceso o cadena de valor deben poseer para satisfacer a los clientes internos o externos, tanto en el presente como en el futuro (Krajewski et al., 2008).

Una empresa consigue una ventaja gracias a su sistema de operaciones si consigue superar el rendimiento de sus competidores en una o en varias de esas capacidades. Existen nueve prioridades competitivas posibles en el rubro de operaciones y pueden dividirse en cuatro grupos:

1. **Costo.** *Operaciones de bajo costo.* El sector industrial y en especial el dedicado a la fabricación de equipos electromecánicos es muy competitivo, debido principalmente a los avances tecnológicos. Es por tal motivo, que la empresa está

en un proceso de reducción de costos, y optimización de procesos; que le permita tener precios más competitivos.

2. **Calidad.** *Calidad superior.* Los productos que ofrece la empresa, está en camino de tener una calidad sobresaliente, aún hay aspectos dentro de sus procesos que tienen que ser mejorados. *Calidad consistente.* Los productos que ofrece la empresa en general cumplen con las especificaciones requeridas por los clientes, se prueba el funcionamiento al final de la producción con pruebas al vacío y con carga en las instalaciones de los clientes.
3. **Tiempo.** *Velocidad de entrega.* En general la empresa en este aspecto está en un proceso de mejora, ya que los clientes tienen que presionar para que se les pueda atender con los pedidos solicitados. *Entrega a tiempo.* En general la empresa tiene una tasa de cumplimiento del 50%. *Velocidad de desarrollo.* Al tratarse de productos de bienes de capital, en este aspecto la empresa es algo rígida y las innovaciones no son constantes.
4. **Flexibilidad.** *Personalización.* La empresa cuenta con la capacidad de satisfacer las necesidades peculiares de cada cliente mediante la modificación del diseño de los productos que ofrece. *Variedad.* La empresa maneja un limitado surtido de productos con eficiencia, quizás con un nivel de automatización mayor podría aumentar el surtido de sus productos. *Flexibilidad de volumen.* En este aspecto va a depender mucho del tipo de cliente por su importancia; es decir, en general la empresa no es capaz de acelerar o desacelerar rápidamente la tasa de producción de los productos ofrecidos, que les permitan hacer frente a las fluctuaciones pronunciadas de la demanda.

#### 4.5.4. Descripción del Sistema Productivo

##### A. Productos

La empresa cuenta con tres divisiones de equipamiento de tecnología. En la división de equipos de lavandería fabrica productos como: Lavadoras, centrífugas, secadoras, equipos de planchado y calandrias. En la división de tecnología ambiental fabrica productos para tratamiento de residuos sólidos hospitalarios. Finalmente, en la división de calderos fabrica calderas piro-tubulares y calderas a vapor.

## B. Procesos

Debido a la variedad de productos que fabrica la empresa, para nuestro estudio se ha considerado el proceso de fabricación de una lavadora industrial, los cuales se describen a continuación.

- Doblado y soldado de piezas de acero inoxidable.
- Armado y unión entre piezas.
- Instalación de motor, eje y barra de suspensión.
- Inspección de balanceado.
- Instalación del sistema eléctrico y electrónico.
- Instalación de la parte externa de la lavadora.
- Instalación de la tapa.
- Pruebas al vacío.
- Almacenado y envío al cliente.

En la Figura 50, se presenta la matriz Producto – Proceso del sistema productivo de la empresa que fabrica lavadoras industriales. Según la estructura de productos se realizan en lotes de trabajo, siguiendo las especificaciones de los clientes, y el volumen depende de los pedidos que puede ser de bajo a moderado. Según la estructura del proceso es moderadamente complejo, con flujos lineales desconectados, y no se mantienen niveles de inventario controlados entre cada paso de procesamiento.

El nivel de automatización que mantiene la empresa en la fabricación de lavadoras industriales es relativamente baja, ya que en la mayoría de procesos es 40% tecnológico y 60% manual. La mano de obra es especializada, y es apoyada por maquinaria especializada para realizar los diferentes procesos de la fabricación.

En la Figura 51, se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso de servicios gráficos, en donde intervienen 08 operaciones y 02 inspecciones que están relacionados a los controles del proceso y al control de la calidad.

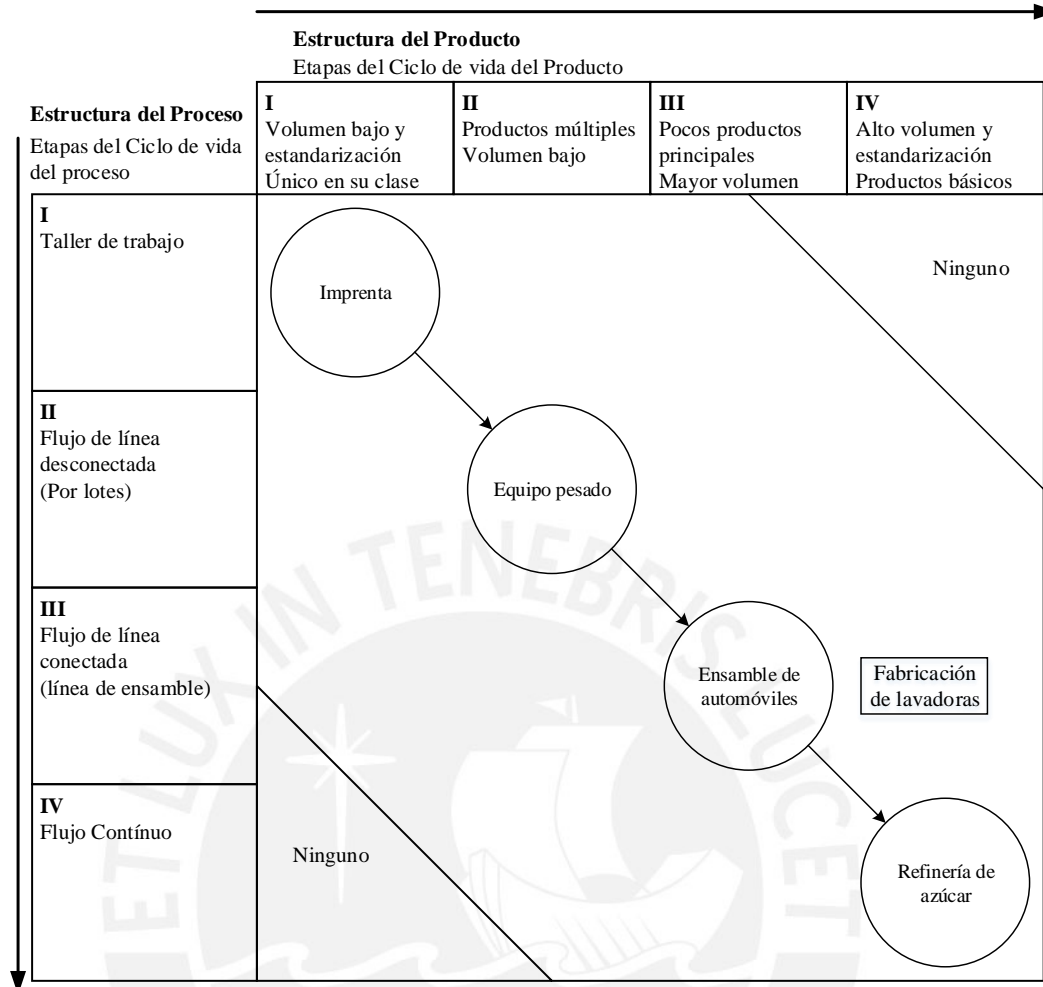


Figura 50. Matriz Producto – Proceso de fábrica de lavadoras  
Adaptado de Hayes y Wheelwright (1979)

### C. Operaciones

Las operaciones dentro de la empresa se han clasificado en: manuales y no manuales.

1. **Manuales.-** Se puede mencionar operaciones como: armado y unión de piezas, instalación de motor, eje y, barra de suspensión, instalación de sistema eléctrico y electrónico, instalación de la parte externa de la lavadora e instalación de la tapa.
2. **No Manuales.-** El resto de operaciones se realizan con maquinaria especializada; tales como: Doblado de piezas de acero, y pruebas al vacío.

En las operaciones de la producción de lavadoras industriales, se han detectado los siguientes problemas, que se describen a continuación:

- **Calidad.** Existe un alto índice de reclamos, los cuales radican principalmente en el funcionamiento de las lavadoras, la empresa evalúa si estos son por fabricación o por la manipulación de los equipos. En conclusión, la empresa no ofrece productos de calidad superior.
- **Costos.** La empresa no cuenta con un adecuado control de los costos, y la información que tienen registrado en su sistema no está consolidada ni actualizada.
- **Atención al cliente.** La empresa ofrece un servicio de post venta para que los clientes mediante llamadas telefónicas puedan realizar alguna consulta sobre mantenimiento de los equipos o para solucionar reclamos. En general, la empresa trata de satisfacer de una manera correcta con las especificaciones técnicas y solución a sus reclamos.

#### D. Materiales e insumos

Los principales materiales e insumos que utiliza la empresa son:

- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| ➤ Placas de acero inoxidable. | ➤ Carrocería o parte exterior. |
| ➤ Tubos metálicos.            | ➤ Contrapeso.                  |
| ➤ Motor eléctrico.            | ➤ Manguera de drenado.         |
| ➤ Microprocesador.            | ➤ Tubo de presión.             |
| ➤ Amortiguadores.             | ➤ Bisagras.                    |
| ➤ Resistencia.                | ➤ Adhesivo impermeable.        |

#### E. Instalaciones, maquinaria y equipo

La instalación física de la empresa, se encuentra ubicado en el distrito del Cercado de Lima y, las oficinas administrativas se ubican en la misma instalación.

La maquinaria y equipo utilizado para la fabricación de lavadoras industriales, se describe a continuación:

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| ➤ Prensas de 25 a 100 t. | ➤ Rectificadora plana. |
| ➤ Plegadoras.            | ➤ Roladora.            |
| ➤ Guillotina.            | ➤ Mesas de trabajo.    |
| ➤ Tornos.                | ➤ Máquinas de soldar.  |
| ➤ Sierras mecánicas.     | ➤ Elevador mecánico.   |
| ➤ Fresadoras.            | ➤ Cortadora.           |
| ➤ Taladros.              | ➤ Máquina de pintado.  |

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO - DOP**

**Empresa:** Fabricación de lavadoras

**Método de trabajo:** Actual

**Producto:** Lavadora industrial

Propuesto

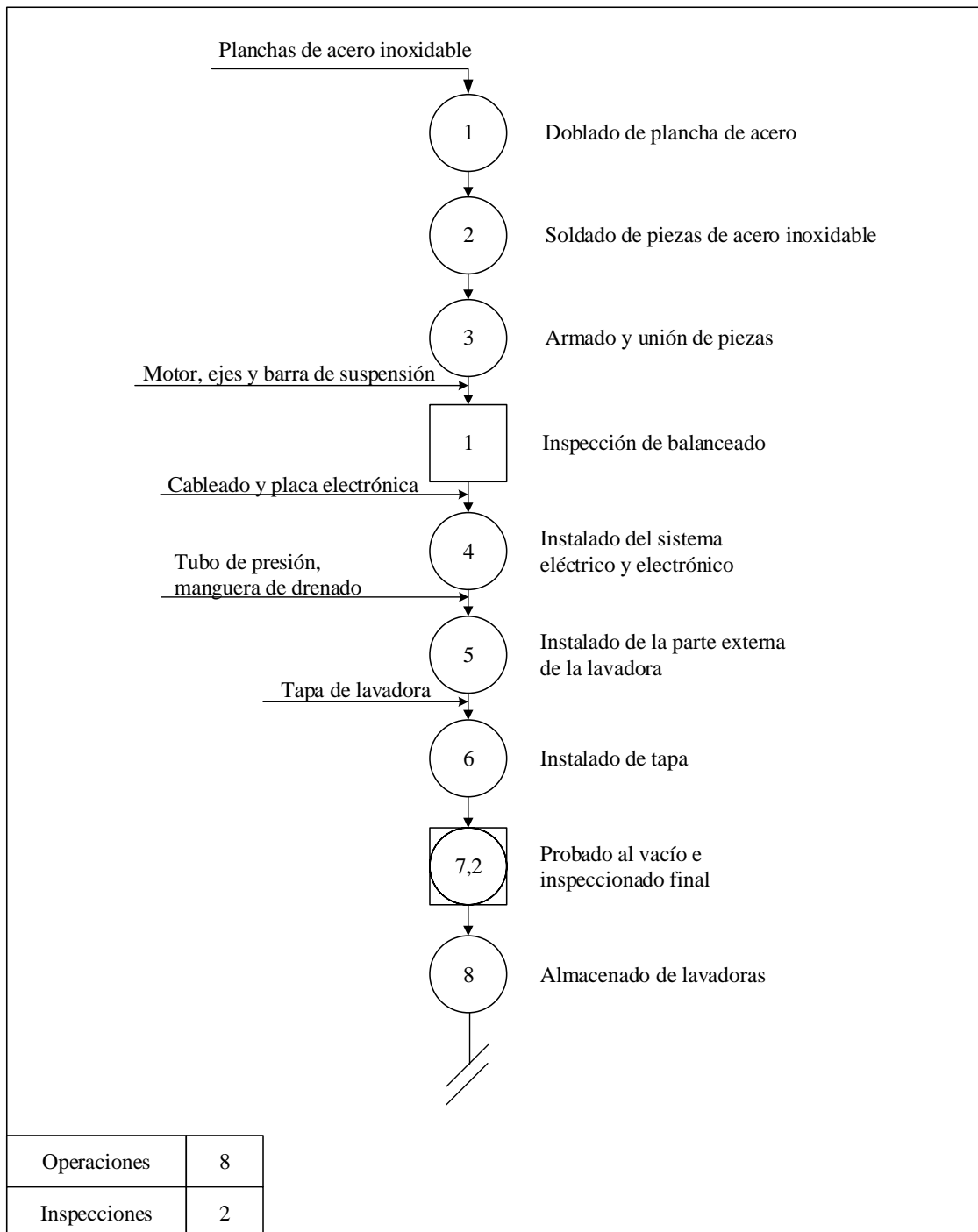
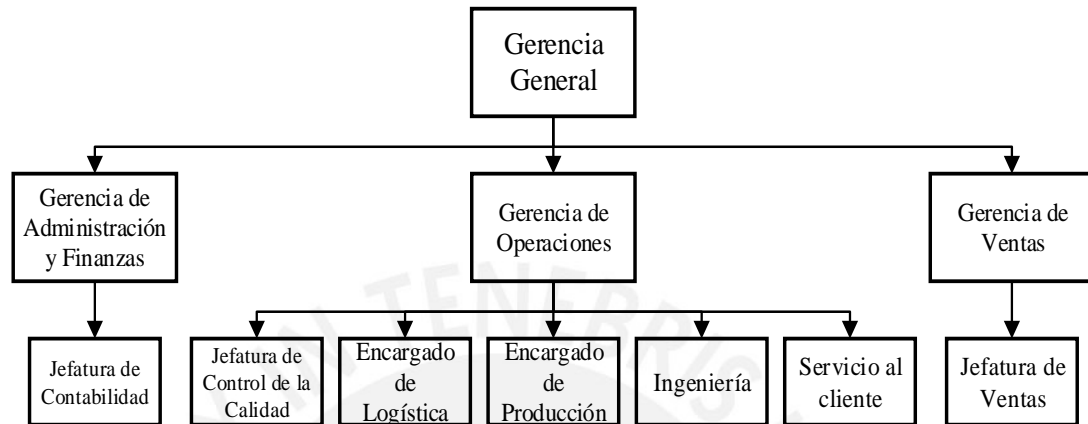


Figura 51. Diagrama de Operaciones del Proceso de fábrica de lavadoras

## F. Personal

La empresa cuenta con un total de 60 trabajadores, entre administrativos y personal operativo. La organización se divide en una Gerencia General, Gerencia de Administración y Finanzas, Gerencia de Operaciones y Gerencia de Ventas.



*Figura 52.* Organigrama de la empresa de producción de lavadoras  
Adaptado de la empresa productora de lavadoras

La empresa no cuenta con un departamento o área de PCP. En la planificación de la producción interviene la Gerencia General, Gerencia de Operaciones y Gerencia de Ventas. Todos los productos fabricados por la empresa se realizan bajo pedido de sus clientes, no se manejan stock de seguridad de productos terminados. La información es proporcionada por parte de ellos mediante órdenes de compra que son canalizadas por el área de ventas. En todo este proceso intervienen de manera directa 3 personas, y manera indirecta 30 personas.

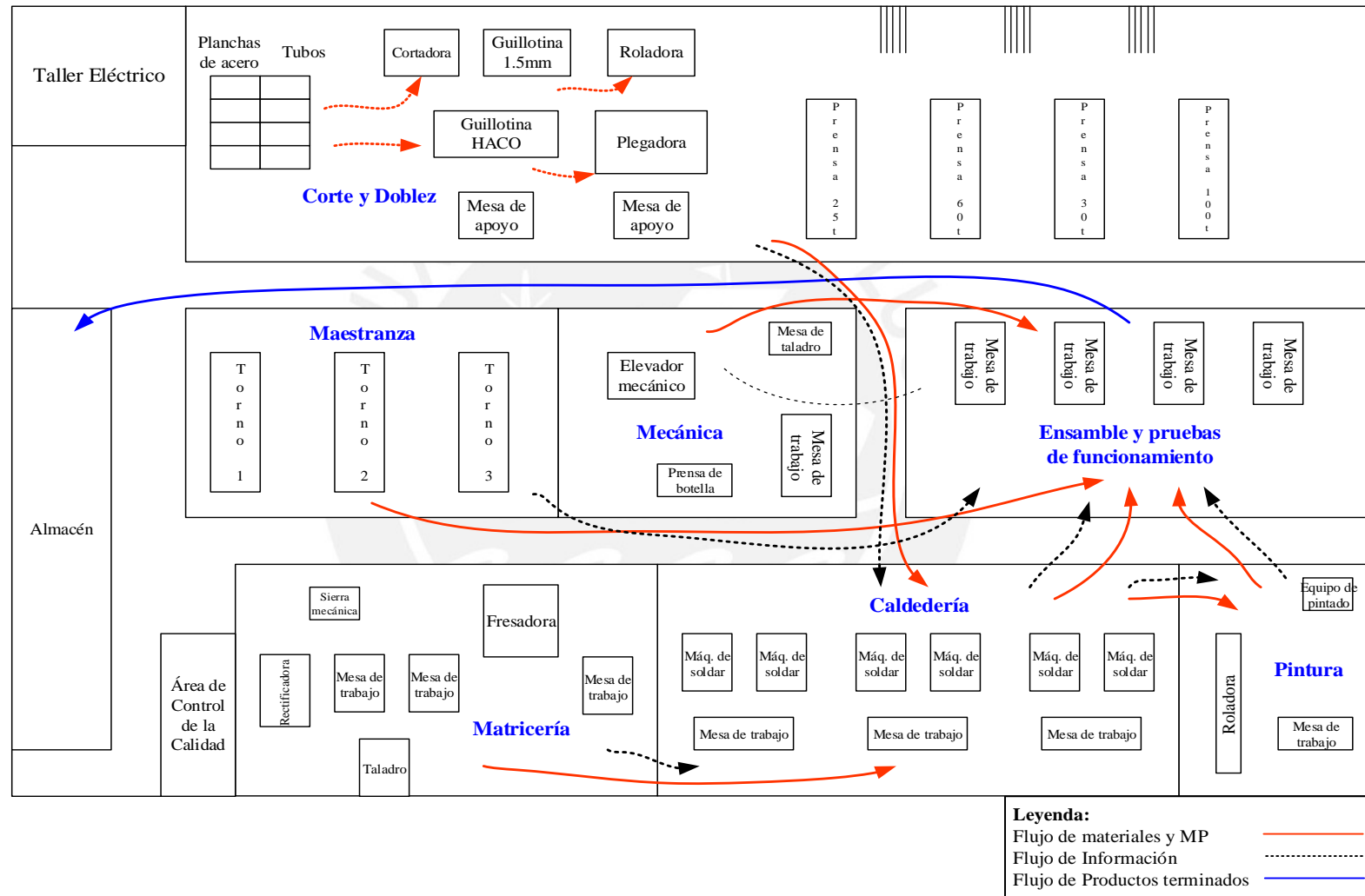


Figura 53. Distribución de Planta de la empresa de producción de lavadoras

En la Figura 53, se muestra la distribución física de las instalaciones del área de producción de la empresa que fabrica lavadoras industriales, donde se observa claramente que la distribución de los procesos son líneas de ensamble, en donde las maquinarias y equipos están agrupados por tipo, existe una diversidad de rutas de producción, los inventarios de productos en proceso son altos, los inventarios de productos terminados son bajos y, existe dificultad para ubicar las órdenes de trabajo. También es importante mencionar que el cálculo de la capacidad de producción es difícil y, la producción se realiza por órdenes de trabajo.

#### **4.5.5. Descripción y Análisis de la Gestión de Producción**

En este punto se describen los sistemas de información utilizados en la gestión de las operaciones de la empresa; y cómo gestiona la planificación, programación y control de la producción. Es importante indicar que la empresa no cuenta con un software especializado para la gestión de sus operaciones, lo manejan en hojas de Excel, que de alguna manera les permite controlar las diferentes etapas de su proceso productivo.

##### **A. Sistemas de Información**

En referencia a la planificación, programación y control de la producción, la empresa no cuenta con un sistema que le permita gestionar adecuadamente los procesos de producción. La empresa está atravesando por un proceso de implementación de un nuevo ERP (colombiano) enfocado a la manufactura, el mismo que lo están adecuando a los requerimientos de la empresa.

##### **B. Planificación de la Producción**

La empresa productora de lavadoras, realiza la planificación de la producción de la siguiente manera:

- No manejan ningún sistema de pronósticos para la demanda de sus productos (planificación de Ventas y Operaciones).
- La planificación se inicia con las órdenes de compra que son proporcionadas por los clientes y, que son canalizadas por la Gerencia de Ventas.
- Se trabaja en dos turnos de 8 horas cada uno.
- En cada turno trabajan 15 técnicos especializados.

- La disponibilidad de materia prima es gestionado mediante una alianza estratégica con los proveedores de materiales críticos, como son las planchas de acero inoxidable, tubos, perfiles, platinas, entre otros. Con la finalidad de disponer de estos materiales en las diferentes fluctuaciones de la demanda.
- La empresa no cuenta con una política de inventario de productos terminados, ni para las materias primas e insumos.

### C. Programación de la Producción

La empresa, realiza la programación de la producción de la siguiente manera:

- Con la información recabada de los clientes, se inicia la etapa de programación de las operaciones productivas.
- Todos los productos fabricados por la empresa, se efectúan bajo la modalidad MTO (make to order). Es decir, en función a la demanda.
- Todas las órdenes de compra se canalizan en órdenes de trabajo.
- La primera etapa donde empieza el proceso productivo es en el área de corte y dobléz, una vez terminada esta etapa los productos en proceso se envían al área de calderería (soldado y armado).
- Paralelamente en el área de maestranza se van fabricando las piezas que conformarán la lavadora, una vez terminada esta etapa los productos en proceso se envían al área de ensamble.
- Paralelamente en el área de matricería se van fabricando un conjunto de piezas que conformarán la lavadora, una vez terminada esta etapa los productos en proceso se envían al área de calderería (soldado y armado).
- Según requerimiento de los clientes, algunos productos una vez que han terminado de procesarse en el área de calderería, estos son llevados al área de pintado.
- El área donde se centraliza la parte final de proceso productivo es el área de ensamble y prueba de funcionamiento, aquí se inspecciona si todas las piezas han sido instaladas correctamente y se verifica el correcto funcionamiento de las lavadoras y si éstas han sido fabricadas según los requerimientos técnicos de los clientes.
- Las lavadoras verificadas, probadas y que tengan el V°B° para su comercialización, son trasladadas al almacén de productos terminados, para su posterior envío a los clientes.

- La empresa gestiona el siguiente ratio de producción: productos no conformes por mes, cuyo promedio es de 1 lavadora al mes (en función a un lote de 35 unidades). La tolerancia máxima es de 3 lavadoras no conformes por mes.
- El control de los inventarios de la materia prima y los insumos, se realiza mediante un kardex informático, donde se gestiona la exactitud de los inventarios y su consumo.
- El control de mermas en la empresa no existe, y el mantenimiento de las maquinarias y equipos se realiza mediante un programa preventivo anual; y los mantenimientos correctivos se realizan según la ocurrencia de falla.

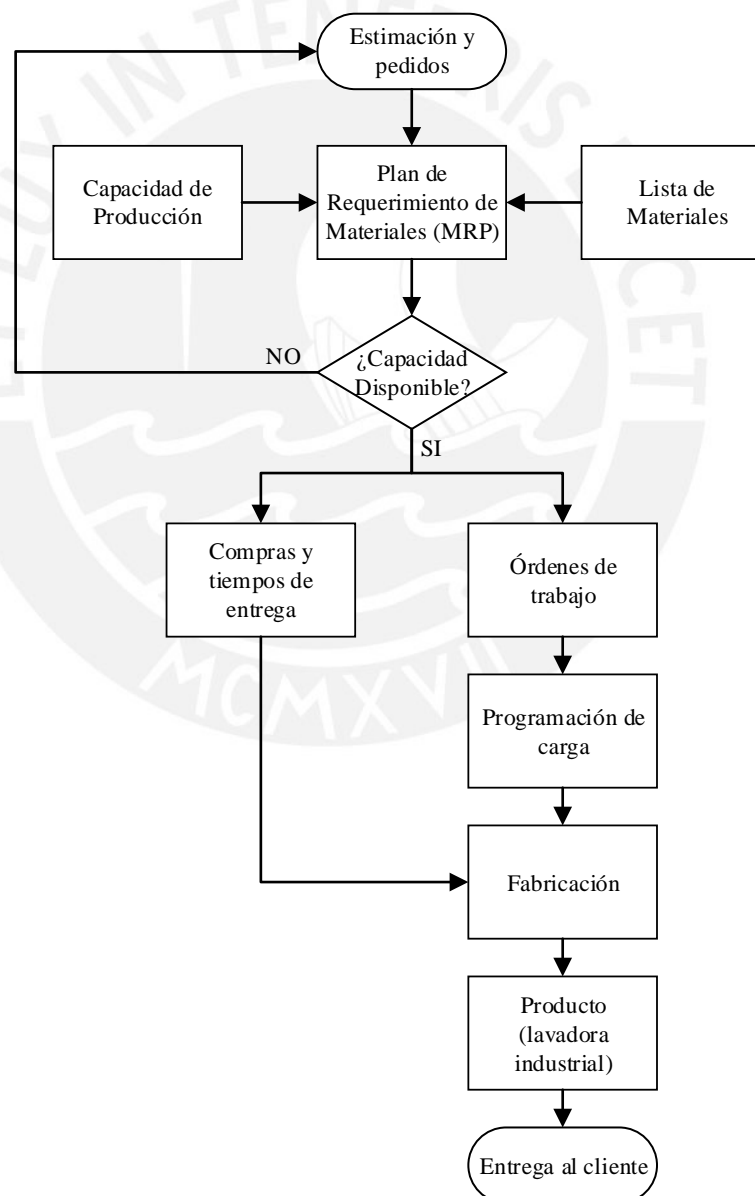


Figura 54. Diagrama de Flujo del MRP de la fabricación de lavadoras  
Adaptado de las operaciones de la empresa

En la Figura 54, se presenta el Diagrama de Flujo del MRP adaptado a la realidad de la empresa de fabricación de lavadoras, la empresa no utiliza ningún sistema para la proyección de la demanda, normalmente las operaciones se realizan en función a las O/C enviadas de los clientes. Se revisan los niveles de inventarios de los materiales e insumos a utilizar, principalmente los que son críticos en el proceso de fabricación y, cuya finalidad es calcular el requerimiento de los materiales. Posteriormente, se emiten las órdenes de compra y se efectúan las compras. Luego se programa la carga de trabajo y se procede con la fabricación de las lavadoras. Finalmente, estos son distribuidos a los clientes.

#### **D. Control de la Producción**

La empresa, realiza el control de la producción de la siguiente manera:

- La empresa no utiliza ninguna herramienta estadística para el control de sus operaciones productivas.
- La empresa posee un plan de calidad donde determinan que partes del proceso productivo deben ser controlados. Los procesos críticos identificados son: Habilitado (Set up), maquinado y matricería.
- La empresa elabora un reporte llamado Dossier de Calidad, el cual está ligado a identificar los productos no conformes, los que son notificados a Control de la Calidad, para luego ser liberados.
- Es importante mencionar que la empresa no cuenta con un profesional que ocupe la Jefatura de Producción, esta responsabilidad recae sobre un operador técnico con experiencia.

#### **4.6. Análisis Comparativo de las Entrevistas**

En la Tabla 11, se presenta el Análisis comparativo de las Entrevistas de las tres empresas del presente estudio de caso, en referencia a los datos generales y sus factores de éxito.

Tabla 11  
*Resultado de las Entrevistas*

<b>Datos Generales</b>	<b>Envasadora de GLP</b>	<b>Servicios de pre prensa</b>	<b>Productora de Lavadoras</b>
Sector económico	Comercial	Servicios	Manufactura
Tamaño de la empresa	Gran Empresa	Mipyme (pequeña empresa)	Mipyme (pequeña empresa)
Número de trabajadores	130	70	60
Tiempo en el mercado	19 años	30 años	31 años
Facturación anual (2014)	S/. 36'000,000	S/. 5'000,000	S/. 4'500,000
UIT (2015)	S/. 3,850	S/. 3,850	S/. 3,850
Facturación en UIT	9,351	1,299	1,169
Ubicación	San Martín de Porres	Lince, Breña, Cercado, Chorrillos	Cercado
Ejecutivo entrevistado Puesto	Alfredo Echevarría Gerente de Ventas	Carlos Otiniano Gerente General	Ricardo Escobedo Gerente General
Ejecutivo de apoyo en campo Puesto	Álvaro Cavero Gerente de Operaciones	Miguel Gutiérrez Jefe de Organización y métodos	Mirtha Vega Jefe de Sistemas de Calidad
<b>Factores de Éxito</b>			
<b>P.C.P.</b>			
¿Actualmente en su empresa, qué sistema de planificación utiliza para su producción?	Utiliza ciertos elementos que se mencionan en la Tabla 12.	Utiliza ciertos elementos que se mencionan en la Tabla 12.	Utiliza ciertos elementos que se mencionan en la Tabla 12.
¿Cómo gestiona la planificación de la producción en su empresa?	Por información proporcionada por los choferes de los camiones de reparto y, por comunicación expresa de los clientes (vía telefónica y/o e-mails). No manejan ningún sistema de pronósticos.	Por información proporcionada por los clientes de manera presencial y/o vía e-mail (especificaciones técnicas). Manejan un sistema informático para el pronóstico de sus servicios.	Por información proporcionada por los clientes en relación a sus especificaciones técnicas. No manejan ningún sistema de pronósticos.

Tabla 11  
*Resultado de las Entrevistas (Continuación)*

	<b>Envasadora de GLP</b>	<b>Servicios de pre prensa</b>	<b>Productora de Lavadoras</b>
¿Cómo realiza el control de la producción en su empresa?	Mediante el uso de dispositivos para el pesado de los balones de gas. No utilizan ninguna herramienta estadística para el control de sus operaciones de producción. No cuentan con indicadores de productividad, mermas, etc.	En el área de edición los trabajos son registrados en un sistema para analizar la cantidad y tipo de servicio ofrecido a los clientes. No utilizan ninguna herramienta estadística para el control de sus operaciones de producción. Cada turno está a cargo de un técnico monitor quien es responsable del cumplimiento de las O/T.	Mediante un plan de calidad se identifica que partes del proceso productivo deben ser controlados. No utilizan ninguna herramienta estadística para el control de sus operaciones de producción. No cuentan con un Jefe de Producción para la gestión y control de la producción.
<b>Nivel de estudios</b>			
¿Qué nivel de estudios tienen los trabajadores de los departamentos de Planificación y Producción?	Estudios universitarios incompletos.	Estudios universitarios completos.	Secundaria completa.
¿El nivel de estudios de los trabajadores de la empresa es la más adecuada en relación al puesto de trabajo que desempeña?	En algunos casos.	En la mayoría de casos.	En algunos casos.
<b>Capacitación</b>			
Durante el último año, ¿los trabajadores del área de Planificación y Control de la Producción, han recibido algún tipo de capacitación?	No.	Si.	No.

Tabla 11  
*Resultado de las Entrevistas (Continuación)*

	<b>Envasadora de GLP</b>	<b>Servicios de pre prensa</b>	<b>Productora de Lavadoras</b>
Si la respuesta anterior es afirmativa, ¿qué tipo de capacitación en particular han recibido?	N.A.	Capacidad operativa de producción.	N.A.
¿Cree usted que el hecho de brindar a los trabajadores capacitación influye en el desempeño de sus funciones?	Influye mucho.	Influye mucho.	Influye mucho.
<b>Uso de sistemas de información</b>			
¿Utiliza actualmente algún sistema de información que le permita gestionar mejor su sistema de planificación y control de la producción?	No.	Si.	Si.
Si la respuesta anterior es afirmativa, ¿qué sistema de información utiliza para gestionarlo?	N.A.	Para las O/T y tiempos.	Para la programación de actividades (Project).

*Nota.* Resultados de la Entrevistas de las empresas materia de estudio

#### 4.7. Principales Conclusiones

Las empresas materia de investigación aplican dentro de sus operaciones ciertos elementos de los sistemas de producción del TOC, Lean Manufacturing, Six Sigma, entre otros. Del resultado de las entrevistas, de la información recabada y de la observación de los procesos productivos de las empresas materia de estudio, se pueden extraer las siguientes conclusiones las cuales se detallan en la Tabla 12:

Tabla 12  
*Principales Conclusiones*

<b>Datos</b> \ <b>Empresas</b>	<b>Envasadora de GLP</b>	<b>Servicios de pre prensa</b>	<b>Productora de Lavadoras</b>
<b>Mercado</b>	Lima Metropolitana	Lima Metropolitana	Lima Metropolitana
<b>Perspectivas de crecimiento</b>	Nueva planta automatizada para el 2015	Abarcar mayor participación en el mercado	Nuevo sistema de información para la producción.
<b>Prioridades competitivas</b> Se han ordenado según la prioridad de cada empresa materia de estudio.	<b>Costos</b> ligeramente elevados por procesos y controles manuales. <b>Calidad</b> no es superior y ofrece productos que cumplen generalmente con las especificaciones de peso y presentación. <b>Tiempo</b> cumple con las fechas de entrega prometidas y su no cuenta con rapidez para introducir nuevos productos al mercado. <b>Flexibilidad</b> limitada por su capacidad de producción y procesos manuales.	<b>Calidad</b> es superior y cumplen con las especificaciones técnicas y de diseño. <b>Tiempo</b> tasa de cumplimiento del 95%, velocidad de desarrollo aceptable para satisfacer las necesidades de sus clientes. <b>Costos</b> en general relativamente bajos. <b>Flexibilidad</b> cumple con las necesidades peculiares, maneja un surtido amplio de servicios y se adecúa a las variaciones de la demanda.	<b>Flexibilidad</b> cumple con las necesidades peculiares, maneja un surtido limitado de productos y no se adecúa a las variaciones de demanda. <b>Calidad</b> no es superior y productos que cumplen generalmente con las especificaciones técnicas. <b>Costos</b> elevados por falta de control e información actualizada. <b>Tiempo</b> tasa de cumplimiento del 50%, y sin rapidez para introducir productos innovadores.

Tabla 12  
*Principales Conclusiones (Continuación)*

<p><b>Sistema Productivo</b></p> <p>Productos principales</p> <p>Matriz Producto – Proceso</p> <p>Variedad de productos</p> <p>Distribución de Planta</p> <p>Nivel de automatización</p> <p>Layout</p>	<p>Gas propano (5, 10, 15 y 45 Kg.)</p> <p>Proceso en línea</p> <p>Pocos y de mediano volumen</p> <p>Distribución por producto</p> <p>Ninguna</p> <p>En U, los procesos fluyen de manera ordenada y constante</p>	<p>Placas insoladas, filmación de fotolitos, pruebas de color, etc.</p> <p>Proceso por lotes pequeños</p> <p>Múltiples y de volumen bajo</p> <p>Distribución por proceso</p> <p>Baja</p> <p>El flujo es en Espaguetti y los procesos tienen un orden de secuencia</p>	<p>Lavadoras industriales, secadoras, centrífugas, etc.</p> <p>Proceso en línea de montaje</p> <p>Múltiples y de bajo volumen</p> <p>Distribución por proceso</p> <p>Baja</p> <p>El flujo de los procesos se da por lotes y se une a una línea de montaje</p>
<p><b>Problemas en las operaciones</b></p>	<p><b>Calidad</b> exactitud en el contenido del gas (peso).</p> <p><b>Costos</b> ligeramente elevados por los procesos y controles manuales.</p> <p><b>Atención al cliente</b> es medianamente buena y trata de satisfacer la demanda del mercado.</p>	<p><b>Costos</b> no tiene un control adecuado y la información registrada carece de sinceramiento.</p> <p><b>Calidad</b> la empresa en cuidadosa de cumplir con las especificaciones técnicas y de diseño otorgada por sus clientes.</p> <p><b>Atención al cliente</b> es buena y trata de satisfacer de manera oportuna y correcta los pedidos de sus clientes.</p>	<p><b>Calidad</b> existe un alto índice de reclamos por el funcionamiento de las lavadoras, por lo que la empresa no ofrece productos de calidad superior.</p> <p><b>Costos</b> no tiene un control adecuado y la información registrada carece de sinceramiento.</p> <p><b>Atención al cliente</b> es medianamente buena y trata de satisfacer de manera correcta con las especificaciones y solución de reclamos.</p>
<p><b>Personal (RR.HH.)</b></p> <p>PCP</p> <p>Nivel de Educación</p>	<p>Responsabilidad del Gerente de Operaciones</p> <p>Universitarios incompletos</p>	<p>Responsabilidad del Jefe de Organización y Métodos</p> <p>Universitarios incompletos</p>	<p>Responsabilidad del Encargado de Producción</p> <p>Secundaria completa</p>

Tabla 12  
*Principales Conclusiones (Continuación)*

<p><b><i>Planificación de la Producción</i></b></p>	<p>Elementos del TOC: cuello de botella (balones vacíos de gas) Elementos del Lean: Sistema Push, Layout de producción Elementos de MRP: Revisión de materiales (insumos). Estimación de las ventas en función a demandas pasadas. La política de inventario es del 95% MTS y 5% MTO. Procesos estandarizados y definidos.</p>	<p>Elementos del TOC: cuello de botella (área de edición) Elementos del Lean: Sistema Pull, Layout de producción Elementos de MRP: Revisión de materiales (insumos) y estado de los inventarios. Estimación de las ventas en función a pronósticos. La política de inventario es del 100% MTO. Procesos estandarizados y definidos. Revisión de materiales (insumos) y estado de los inventarios.</p>	<p>Elementos del TOC: cuello de botella (ingeniería) Elementos del Lean: Sistema Pull, Layout de producción Elementos de MRP: Revisión de materiales (insumos) y capacidad de producción. Estimación de las ventas en función a demandas pasadas. La política de inventario es del 100% MTO. Procesos estandarizados y definidos. Revisión de materiales (insumos) y estado de los inventarios.</p>
<p><b><i>Control de la Producción</i></b></p>	<p>No utiliza ninguna herramienta estadística. Revisión física del estado de los balones de gas. Envasado y pesado no automatizado. No existe algún indicador de merma por evaporación y/o fuga del GLP.</p>	<p>No utiliza ninguna herramienta estadística. Registro de los servicios solicitados por los clientes. Registro de los trabajos realizados por estación y turno de trabajo. No existe algún indicador de productividad o merma.</p>	<p>No utiliza ninguna herramienta estadística. Plan de Calidad para determinar los procesos a ser controlados. Registro de productos no conformes (de 1 a 3 lavadoras mensuales). No existe algún indicador de merma.</p>

**Nota.** Principales conclusiones de la investigación de las empresas materia de estudio

#### 4.8. Desarrollo de Implicaciones

El desarrollo de implicaciones del presente estudio, se presentan a continuación:

- Las tres empresas utilizan ciertos elementos de los sistemas integrados de producción, por ejemplo: identificación del cuello de botella, sistema pull y push, Layout de producción, y revisión de materiales. En tal sentido, tienen una brújula que las guía a realizar sus operaciones de una manera más eficiente.
- Ninguna de las tres empresas cuentan con un área destinada para la planificación y control de la producción, dichas responsabilidades recaen sobre el Gerente de Operaciones, el Jefe de Organización y Métodos y Encargado de Producción; y carecen de peso jerárquico para tomar decisiones importantes.
- Para estimar las ventas en la mayoría de los casos, no se utiliza la estadística para el pronóstico, sino que se hace uso de la experiencia e información de demanda pasada.
- Para el control de las operaciones productivas, tampoco ninguna de las tres empresas emplea la estadística, existen registros solo informativos, en consecuencia es difícil tomar una decisión más diligente, en referencia a los procesos productivos.
- las perspectivas de crecimiento de las tres empresas son interesantes, se habla de automatización del proceso productivo del envasado de gas, abarcar mayor participación de mercado de la empresa de servicios de pre prensa, e implementar un nuevo sistema de información para el área de producción en la empresa que fabrica lavadoras. Ello debería llevar a las empresas a ser más competitivas, optimizar sus procesos productivos, minimizar sus costos y por ende obtener mayores beneficios.
- En el campo de las prioridades competitivas de las empresas, falta mucho por mejorar en cuanto a los costos, calidad, tiempo y flexibilidad; es por ello, que los productos y servicios ofrecidos no son del todo competitivos dentro del mercado local.
- El nivel de estudios y experiencia del personal que trabaja en el área de planificación y control de la producción, en la mayoría de casos no es la más adecuada; por ello los procesos son relativamente costosos, no existe información actualizada, la calidad de los productos y servicios no es de nivel superior y, la capacidad de respuesta rápida frente a las necesidades de los clientes, es muy lenta.

## Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones Finales

- Las empresas privadas juegan un papel muy importante para el crecimiento económico y son la principal fuente de empleo en el país con el 68.6% de la PEA ocupada; así mismo se puede mencionar que las nuevas empresas MIPYME crecen a un ritmo del 6.89% promedio anual desde el año 2009, y genera mayor empleo a una tasa del 1.25% de crecimiento promedio anual.
- La participación de las MIPYME en el PBI está alrededor del 40% y es en Lima donde se concentra la mayor cantidad de estas empresas que representan el 47.7% del total del país, que suman un total de 722,372 empresas.
- Las empresas privadas a pesar de generar el 68.6% de empleo en el país, de ese porcentaje el 88.6% están empleadas en las MIPYME que son las empresas más excluidas de la economía y son consideradas como empresas con infraestructura tecnológica deficiente, con una baja productividad y competitividad. A estas se les exige que se formalicen, sin embargo, la legislación laboral y tributaria son muy rígidas; y no existe ningún impulso para mejorar las condiciones del mercado y puedan cumplir con las obligaciones de una empresa formal. Allí es donde el estado debería fortalecer su rol de facilitador entre las partes interesadas.
- El crecimiento económico experimentado en el Perú entre el 2008 y 2013 se ha dado a razón del 5.5%, siendo una de las más altas de la región. Este momento económico del país genera una mayor seguridad y menor riesgo para los inversionistas privados, y constituye en una buena oportunidad para incentivar las inversiones en las empresas privadas.
- Es importante el apoyo a los gremios empresariales para que fomenten el desarrollo, busquen un mercado más estable para las empresas privadas y aumenten las oportunidades de negocio para ese sector.
- Es indispensable que las empresas privadas mejoren y modernicen sus procesos productivos, que les permitan ser más competitivas e incrementen su participación en el mercado, es por esa razón que el diseño e implementación de un adecuado Sistema de Producción dentro de sus operaciones juega un papel importante para alcanzar altos niveles de productividad, competitividad y como consecuencia de ello incrementen sus ingresos y beneficios; y puedan

en el mediano y largo plazo incursionar en los mercados externos mediante las exportaciones.

- Es de vital importancia fortalecer el desarrollo y capacitación del recurso humano de las empresas privadas, sobre todo en el estrato MIPYME, a nivel profesional y técnico en cada una de las diferentes actividades de cada sector económico; y que mantengan un presupuesto para destinarlos a la capacitación en cursos relacionados en la gestión de los sistemas de producción mediante convenio con universidades e institutos reconocidos y mantener una estrecha relación con Concytec para el auspicio en innovación desarrollo y tecnología.
- Las tres empresas materia de estudio, tienen en común no contar con un departamento de Planificación y Control de la Producción, por lo que en la empresa envasadora de GLP, esta responsabilidad recae en el Gerente de Operaciones, en la empresa de servicios de pre prensa recae en el Jefe de Organización y Métodos, y en la empresa fabricante de lavadoras recae en el Encargado de Producción.
- La Prioridad competitiva, en las MIPYME son: la Calidad (empresa de servicios pre prensa), y la Flexibilidad (empresa de lavadoras). En la Gran Empresa es el Costo (empresa envasadora de GLP).
- La Matriz Producto – Proceso, en las MIPYME son: por Lotes pequeños (empresa de servicios de pre prensa), y Línea de Montaje (empresa de lavadoras). En la Gran Empresa es por Línea de Montaje (empresa envasadora de GLP).
- El principal problema dentro de las operaciones, en las MIPYME son: los Costos (empresa de servicios de pre prensa), y la Calidad (empresa de lavadoras). En la Gran Empresa es la Calidad (empresa envasadora de GLP).
- Los elementos de los sistemas integrados de producción utilizados, en las MIPYME son: los cuellos de botella, el sistema de producción tipo *Pull*, Layout de producción, revisión de materiales e insumos, y estado de los inventarios (empresa de servicios de pre prensa); cuellos de botella, sistema de producción tipo *Pull*, Layout de producción, revisión de materiales e insumos, y capacidad de producción (empresa de lavadoras). En la Gran Empresa son: los cuellos de botella, sistema de producción tipo *Push*, Layout de producción, y revisión de materiales e insumos (empresa envasadora de GLP).

- Las empresas al no gestionar mediante un sistema de producción estructurado, tienen ciertos problemas en sus operaciones, ya que no conocen el uso de herramientas necesarias para mejorar la calidad de sus operaciones y por ende, mejorar la calidad de sus productos y/o servicios ofrecidos.
- El perfil de los puestos del área de operaciones de las empresas materia de estudio, juega un papel primordial a la hora de gestionar eficiente y eficazmente la planificación y control de la producción, y que permita cumplir con los objetivos establecidos. La capacitación también no deja de ser importante, ya que en un mundo tan competitivo se debe adquirir nuevo conocimiento para diseñar e implementar nuevos modelos de gestión dentro del área de operaciones de las organizaciones.

## 5.2. Recomendaciones Finales

- Hacer alianzas estratégicas entre las empresas privadas, las universidades e instituciones del estado, para promover la I&D, la capacitación y entrenamiento del personal que conforman este grupo de empresas.
- Impulsar el desarrollo de las empresas privadas, en donde los gremios empresariales y el gobierno sean actores activos en la búsqueda de un mercado estable, aumente la formalización, y exista incentivos en la legislación laboral y tributaria, para permita generar una mayor inversión y se busquen cooperaciones internacionales para mejorar la competitividad de las empresas.
- A la empresa envasadora de GLP, se recomienda que su planificación se base en el MRP II, y utilice el Lean Manufacturing para minimizar los desperdicios.
- A la empresa de servicios de pre prensa, se recomienda que su planificación se base en el MRP II, y utilice el Lean Manufacturing para minimizar los desperdicios.
- A la empresa fabricante de lavadoras, se recomienda que su planificación se base en el MRP II, utilice el Lean Manufacturing para minimizar los desperdicios, y utilice el Six Sigma para minimizar la variabilidad de sus procesos. Podría utilizar el modelo combinado de los sistemas *TOC*, *Lean Manufacturing*, y *Six Sigma* (TLS).

## Referencias

- Abreu, T., Duarte, J. L., & Vidor, G. (2012, 26 de abril). A framework for assessing poka-yoke devices [Versión electrónica], *Journal of Manufacturing Systems*, 31, 358-366.
- Anand, G., & Kodali, R. (2008, julio). Selection of lean manufacturing systems using the analytic network process - a case study [Versión electrónica], *Journal of Manufacturing technology Management*, 20, 258-289.
- Bozdogan, K. (2010, 31 de julio). Evolution of the Lean Enterprise System: A critical synthesis and agenda for the future [Versión electrónica], *Encyclopedia of Aerospace Engineering*, 6, 26.
- Carrasco, R. (2007, septiembre). *Metodologías para la Investigación en Gestión de Operaciones* (Informe de Universidad Politécnica de Madrid). Recuperado de: [http://oa.upm.es/1143/1/CARRASCO\\_01\\_2007.pdf](http://oa.upm.es/1143/1/CARRASCO_01_2007.pdf).
- Castro, E. (2010, julio). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la Dirección y Administración de Empresas [Versión electrónica], *Revista Nacional de Administración*, 2, 31-54.
- Chakravorty, S. S. (2009). Six Sigma programs: An implementation model [Versión electrónica], *International Journal of Production Economics*, 119, 1-16.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. (12a. Ed.). México DF, México: McGraw-Hill.
- Corbett, T. (2002). *La Contabilidad del Truput: El Sistema de Contabilidad Gerencial de TOC: Carrera Séptima*.
- D'Alessio, F. (2013). *Administración de las Operaciones Productivas. Un enfoque en procesos para la gerencia*. (1ra. Ed. Rev.). Lima, LIM, Perú: Pearson.
- De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving [Versión electrónica], *International Journal of Production Economics*, 139, 604-614.
- Dettmer, W. (2007). *The Logical Thinking Process - A systems approach to Complex Problem Solving*. Wisconsin, WI, EE. UU.: ASQ Quality Press.

- Domínguez Machuca, J.A. (1995). *Dirección de Operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid, McGraw-Hill.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y Control de la Calidad*. (7a.Ed.). México D.F., DF, México: Cengage Learning.
- Goldratt, E. (1988). Computerized shop floor scheduling [Versión electrónica], *International Journal of Production Research*, 26, 443-455.
- Goldratt, E. (1990). *What is this thing called Theory of Constraints and How Should it be Implemented?*. Nueva York, NY, EE. UU.: North River Press.
- Goldratt, E. (2004). *The Goal* (3a. Ed.). EE. UU.: North River Press.
- Goldratt, E. (2010). *No es Cuestión de Suerte*. (1ra Reimpresión). Buenos Aires, BA, Argentina: Granica.
- Goldratt, E., & Fox, R. (2010). *La Carrera. En busca de las ventajas competitivas*. (1ra reimpresión). Buenos Aires, BA, Argentina: Granica.
- Hayes, R., & Wheelwright, S. (1979). Link manufacturing process and product life cycles [Versión electrónica], *Harvard Business Review*, 133-140.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (Eds.). (2010). *Metodología de la Investigación*. (5a. Ed.). México D.F., D. F., México: McGraw Hill.
- Instituto Lean Management (2013). *Después del Lean Management vendrá... ¡más Lean!* Consulta: 18 de abril de 2013. <http://www.mylean.org/es/artilm/147-despues-del-lean-management-vendra-imas-lean.html>
- Krajewski, L., Ritzman L., & Malhotra M. (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y cadenas de valor*. (8a. Ed.). México: McGraw-Hill.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective [Versión electrónica], *Journal of Operations Management*, 21, 193-203.
- Liker, J. (2010). *TOYOTA - Cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito*. Bogotá, BO, Colombia: Norma.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. New York, NY, EE.UU.: McGraw-Hill.

- Matthew, B. (2010). *Economía de hoy: Sus nuevas formas de la A a la Z*. Lima, Perú: Producciones Cantabria SAC.
- Ministerio de la Producción. (2013). Mipymes formales en el Perú. *Las Mipymes en cifras*. Recuperado de <http://www.produce.gob.pe/remype/data/mype2013.pdf>
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2009). *Probabilidad y Estadística aplicada a la Ingeniería*. (2a. Ed.). México D.F., DF, México: Limusa Wiley.
- Nave, D. (2002, marzo). How to Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. A framework for choosing what's best for your organization [Versión electrónica], *American Society for Quality*, 1, 6.
- Pirasteh, R. M., & Farah, K. S. (2006, mayo). The top elements of TOC, Lean and Six Sigma (TLS) make beautiful music together [Versión electrónica], *APICS magazine*, 1, 3.
- Pirasteh, R. M., & Fox, R. E. (2011). *Profitability with No Boundaries*. Wisconsin, WI, EE.UU.: ASQ Quality Press.
- Rahman, S. (1998). Theory of constraints - A review of the philosophy and its applications. [Versión electrónica], *International Journal of Operations & Production Management*, 18, 336-355.
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory [Versión electrónica], *Journal of Operations Management*, 26, 536-554.
- Sproull, B. (2009). *The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing profits through the Integration of Lean, Six Sigma and the Theory of Constraints*. Boca Ratón, FL, EE.UU.: CRC Press.
- Thompson, S. (2003). Lean, TOC or Six Sigma: Which tune should a company dance to? [Versión electrónica], *Lean Direction*, 1.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica*. México: Limusa.
- Vinodh, S., Arvind, K., & Somanaathan, M. (2010, marzo). Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organisation [Versión electrónica], *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21, 888-900.

- Voss, C., Tsikriktsis, N., & Frohlich, M. (2002). Case Research in operations management [Versión electrónica], *International Journal of Operations & Production Management*, 22, 195-219.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your Corporation*. New York, NY, EE. UU.: Free Press.
- Yin, R. (2009). *Case Study Research design and methods*. (4a. Ed.). California, CA, EE.UU.: SAGE.

