

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería
Facultad de Ingeniería



SIN IDENTIFICACIÓN DE LOS 7 DESPERDICIOS NO HAY LEAN

IVONNE ALEXANDRA CORREDOR GUTIÉRREZ

Agosto 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

“SIN IDENTIFICACIÓN DE LOS 7 DESPERDICIOS NO HAY LEAN”

MODALIDAD DE GRADO: TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
IVONNE ALEXANDRA CORREDOR

TUTOR PRINCIPAL
M.I. ARTURO, FUENTES, ZENÓN, FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. Agosto 2015

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M. I. Soler Anguiano Francisca Irene

Secretario: M. C. Del Moral Dávila Manuel

Vocal: M. I. Fuentes Zenón Arturo

1 er. Suplente: Dr. López Y Ortega Eugenio Mario

2 do. Suplente: Dr. Bautista Godinez Tomás

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: _____

TUTOR DE TESIS:

NOMBRE

FIRMA

(Segunda hoja)

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo me gustaría agradecerle al Maestro Arturo Fuentes Zenón quien fue mi asesor y guía durante mis estudios de Maestría, fue un constante y entusiasta tutor que trabajo a mi lado en la construcción de este trabajo, contribuyendo desde su conocimiento e investigación al desarrollo del mismo. De igual forma quiero agradecer de manera especial al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Nacional Autónoma de México por proporcionarme los medios suficientes para que este Trabajo y mis estudios de maestría fueran posibles. Finalmente, quiero agradecer a mi familia por su amor y constante apoyo incondicional.

RESUMEN

Desde los primeros pilares de Lean Manufacturing en los años 50s, la detección de desperdicios es una prioridad, que mejora de la productividad y la flexibilidad basado en técnicas del estudio del trabajo, la mejora de los métodos, análisis de operaciones y la implementación de nuevos modos de trabajo para alcanzar dichas mejoras. Con el avance y evolución de esta metodología surgen múltiples herramientas de mejora y fuertes confusiones estructurales o conceptuales de este método que serán tratadas en este trabajo, el cual destaca la importancia de los desperdicios en esta metodología, priorizando la identificación de cada desperdicio en las empresas como la base para la obtención de mejoras.

A lo largo del trabajo se hace un análisis integral de cada uno de los desperdicios, identificando, caracterizando y evaluando las causas probables de los mismos, destacando la relación existente entre ellos, herramientas y formas de identificación, por medio del mapeo de proceso, finalizando con el desarrollo de una propuesta detallada sobre la forma de identificación y mapeo de los 7 desperdicios.

ABSTRACT

Since the 50s Lean manufacturing have like priority the waste elimination, the productivity and flexibility improvements. These results are obtained with work study techniques, improved methods, operations analysis and implementation of new working. The advancement and evolution of this methodology create multiple tools for improvement and strong structural or conceptual confusions of this method that will be discussed in this thesis. This shows the importance of waste on this methodology, highlighting the identification of each waste in the enterprises.

Throughout the thesis we do an analysis of each waste, identifying, characterizing and evaluating the causes of the same, highlighting the relationship between them, tools and forms of identification, through process maps. This work ends with the development of a detailed proposal on how to identify and map the 7 wastes.

ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	5
PROBLEMÁTICA	7
PROPUESTA	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
METODOLOGÍA.....	9
CAPÍTULO 1: BASE CONCEPTUAL	11
<i>El significado del valor</i>	<i>13</i>
<i>El significado del desperdicio</i>	<i>14</i>
CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DE LOS DESPERDICIOS	17
<i>Los desperdicios en la industria</i>	<i>18</i>
<i>La sobreproducción:</i>	<i>19</i>
<i>Las esperas:</i>	<i>22</i>
<i>Los transportes:</i>	<i>25</i>
<i>Los movimientos:.....</i>	<i>27</i>
<i>Los defectos:.....</i>	<i>30</i>
<i>El sobreprocesamiento:</i>	<i>33</i>
<i>El inventario:.....</i>	<i>36</i>
CAPÍTULO 3: RELACIONES CAUSALES ENTRE DESPERDICIOS	41
<i>Relaciones entre desperdicios.....</i>	<i>41</i>
<i>Relaciones Causales</i>	<i>42</i>
<i>Planeación de producción</i>	<i>43</i>
<i>Prevención y cobertura de fallas</i>	<i>44</i>
<i>Procesos, distribución en planta y desorganización.....</i>	<i>46</i>
<i>Políticas Empresariales.....</i>	<i>47</i>

CAPÍTULO 4: MAPEO DE PROCESOS Y LOS 7 DESPERDICIOS.....	49
<i>Mapeo de la sobreproducción:</i>	55
<i>Mapeo de inventarios:</i>	55
<i>Mapeo de transporte:</i>	56
<i>Mapeo de movimientos:</i>	56
<i>Mapeo de esperas:.....</i>	56
<i>Mapeo de defectos:</i>	57
<i>Mapeo de sobreprocesamiento:</i>	57
CAPÍTULO 5: COMPARACIÓN DE FORMAS LÍNEAS DE TRABAJO DE LEAN	58
<i>VSM para Identificar Herramientas de Mejora Lean</i>	58
<i>Técnicas de Mejora de Métodos para Identificar Desperdicios</i>	60
<i>Factor Humano para la Resolución de Problemas</i>	61
PROPUESTA DEL AUTOR	63
CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha identificado tendencias cambiantes tanto en el comportamiento de los clientes como en el avance y desarrollo del mundo, lo que ha obligado a las empresas a reaccionar y buscar atender dichos cambios. Por una parte los clientes son cada vez más exigentes, más informados y más conscientes del papel que juegan en la sociedad, ellos son los que valoran y compran el producto por ello son tan importantes para las empresas. De forma similar, el mundo está cambiando constantemente e influye directamente en los hábitos, los estilos de vida y las preferencias de las personas (Rajadell C. & Sánchez G., 2010, p. 5), de tal forma que, las empresas deben empezar a aprovechar las múltiples oportunidades que se presentan con estas tendencias para competir desde diferentes ángulos: ofreciendo mayor flexibilidad, mejorando sus procesos y servicios, con nuevas formas de distribución, producción y administración con el fin de mejorar la competitividad en los tres aspectos clave: la calidad, la rapidez y los costos.

Las empresas han logrado mejorar su competitividad mediante la innovación y la mejora continua: la primera, hace referencia a tecnología y proporciona a las empresas una ventaja competitiva puesto que incrementa la velocidad de respuesta, precisión y manejo de productos e información. La mejora continua por su parte, se enfoca en técnicas, cultura y desarrollo progresivo de pequeñas y frecuentes mejoras, lo que permite que la ventaja adquirida se mantenga y actualice por más tiempo, logrando que las empresas mantengan un ritmo de mejora e incremento de la competitividad óptima y sostenido en el tiempo, provocando así que tanto las mejoras como la tecnología soporten los procesos de la organización y respondan a las necesidades actuales del mercado global.

Estas mejoras consisten en fortalecimiento y mejora de los procesos internos de las organizaciones, especialmente la modificación en las formas como realizan las diferentes actividades, realizando modificaciones en el manejo interno que facilitan la manipulación, modificación y control de dichos cambios, reduciendo de esta forma los costos, tiempos, capital invertido y haciendo más eficientes los procesos.

Este enfoque de mejora de procesos se ha relacionado con una serie de metodologías de gestión como la reingeniería, las técnicas de documentación y estandarización, el desarrollo de flujo de procesos, la organización del trabajo, el estudio del trabajo, entre otras, que han dado paso a Lean Manufacturing, una serie de herramientas para la mejora de procesos, que permite la reducción de costos, el aumento de la productividad, mejora la satisfacción del cliente y aumenta la eficiencia del negocio.

Esta Metodología se especializa en la mejora continua de los procesos, apoyado en algunas técnicas que ayudan a las empresas a aumentar la flexibilidad, a disminuir los tiempos, aumentando la calidad y la capacidad potencial de la empresa, entre otros factores que se consideran como mejoras a la productividad, eficiencia y competitividad de la misma (Martí O. y Torrubiano G., 2013, p. 8). Dichas técnicas por su parte, tienen como principio fundamental que tanto los productos, como los servicios y los procesos se desarrollen de acuerdo a lo que

el cliente desea, para lograr satisfacer las necesidades del mismo y encaminar las mejoras a las actividades que el cliente realmente valora, quitando aquellas que no contribuyen a lo que el cliente quiere (Rajadell C. & Sánchez G., 2010, p. 6).

Lean Manufacturing tiene su origen en la producción Justo a Tiempo desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota con sus ingenieros Eiji Toyoda y Taiichi Ohno que dada la escasez de recursos disponibles, las limitaciones y la flexibilidad que exigía el mercado, desarrollaron un enfoque que permitía con el manejo de pequeños lotes de producción, eliminar desperdicios y crear valor, reduciendo todo tipo de tiempos muertos, inventarios, defectos de calidad y transportes. Que con el tiempo y la globalización se ha ido configurando como un modelo sistemático de mejora de la productividad asociado a la excelencia industrial (Tejeda, 2011).

El modelo Lean Manufacturing, define la forma de mejorar y optimizar los sistemas de producción, enfocándose en tres principios: Justo a Tiempo, Calidad Total y Mejora Continua; Justo a Tiempo hace referencia a asegurar que el cliente sea atendido con la rapidez, cantidad y calidad requerida, siendo necesario ajustar los procesos para reducir los tiempos de respuesta al mínimo; el segundo pilar adoptado es la Calidad Total, que busca controlar la calidad durante todo el proceso de fabricación. Y el tercer pilar, la Mejora Continua que consiste en el cambio gradual y continuo de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados. Estos tres pilares se fundamentan en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, los cuales hacen relación a actividades como: manejo de inventarios, inspecciones, re-trabajos, movimiento de materiales, que se caracterizan por ser actividades que no contribuyen a una transformación del producto y que el cliente no valora (Hernández & Vizán, 2013, pp. 14, 24; Martí O. & Torrubiano G., 2013, p. 8; Rajadell C. & Sánchez G., 2010, p. 14).

Resaltando finalmente que la identificación y eliminación de desperdicios se ha convertido en un pilar para las empresas, quienes pueden decidir plenamente sobre el uso, inversión y manejo de sus recursos, por lo que este proceso de identificar las actividades que agregan valor y las que son desperdicios toma alta importancia y se considera como fundamental para encontrar las oportunidades de mejora en la organización y obtener mayor eficiencia en los procesos (Hernández & Vizán, 2013; Mark O., 2010; Martí O. & Torrubiano G., 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010).

Por lo que se vuelve de gran interés e importancia el entender, construir o aclarar ¿qué son los desperdicios?, ¿cuáles son?, ¿dónde están?, ¿cómo se identifican en el proceso de producción?, ¿se pueden eliminar?, ¿Cómo se eliminan?, preguntas que pretenden ser aclaradas en este texto.

PROBLEMÁTICA

La metodología Lean Manufacturing se basa principalmente en la identificación y eliminación de desperdicio, por medio de técnicas diseñadas para la mejora de procesos en las organizaciones, en las que se logra encontrar una gran gama de herramientas para desarrollar dicho proceso y variadas definiciones de desperdicio (Cuatrecasas, 2003; Galgano, 2003; Martí O. & Torrubiano G., 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010), sin embargo, este enfoque ha sido altamente criticado dado que presenta 3 falencias:

1. Está enteramente dedicado a empresas con producción en volumen.
2. Existe alta confusión respecto a sus conceptos y métodos y,
3. No contempla la participación humana (Hines, Holweg y Rich, 2004).

En primera instancia, se ha visto que dada la naturaleza y el desarrollo de la metodología Lean como un conjunto de herramientas y técnicas que deben ser implementadas para la mejora del proceso, se ha creado una fuerte confusión en las empresas, puesto que a falta de una directriz estratégica para la mejora, las empresas no han podido sostener las transformaciones Lean en sus procesos. De la misma forma, este enfoque se ha desarrollado para empresas de producción en volumen, con una demanda relativamente estable o repetitiva, lo que lleva a que empresas artesanales o con otros tipos de producción deban desarrollar procesos que se adapten a este tipo de producción en serie (Hines et al., 2004; Rajadell C. & Sánchez G., 2010, p. 7) para poder así implementar las técnicas.

En segunda instancia, la metodología Lean y los términos que esta maneja constituyen un constructo de conceptos inexactos e imprecisos, desarrollados como resultados de contribuciones marginales de uno y otro autor, como lo comentan (Shah y Ward, 2007), “las diferencias semánticas entre producción Lean y sus predecesores se deben resolver, creando una definición conceptual clara sobre la producción Lean y sobre las acciones operacionales que se implementan, las cuales deben explicarse con mayor claridad”, estos autores también señalan que la confusión es evidente dadas las múltiples descripciones y términos usados para referirse a Lean. Lo cual proviene de su evolución y de la relación existente entre los términos usados en Lean y en otras metodologías de gestión, lo que genera incluso confusión en los principios fundamentales de esta metodología y en la forma como desarrollar mejoras.

De esta forma, surge otra de las grandes confusiones de Lean, la cual hace referencia a su misma definición como un conjunto de técnicas de mejora continua aplicables a los procesos, para las cuales es difícil encontrar una propuesta o modelo de implementación que permita la mejora de procesos en la empresa, basado en la idea misma de mejora continua y de eliminación de desperdicios.

En tercera instancia, se ha considerado que la producción lean es explotadora y mantiene presionados a los trabajadores, dado que busca eliminar cualquier tipo de desperdicio en el proceso, con el único fin de incrementar la eficiencia de la producción, lo que en algunas empresas ha llevado a la explotación de los trabajadores y dejando atrás el conocimiento y aportes creativos e intelectuales de las personas en la mejora de procesos, como se señala en (Hines et al., 2004).

De tal forma se percibe que ***a pesar de la búsqueda amplia para aclarar la forma como la metodología Lean identifica y elimina desperdicios, se presenta una gran confusión, inicialmente por la falta de unicidad en el concepto, claridad en las características y componentes de Lean, seguido por la falta de participación del personal y la ausencia de un proceso claro y práctico para la implementación de las técnicas.***

Por otra parte, si se habla desde el concepto de desperdicio, el cual ha sido altamente utilizado desde el análisis de operaciones y cuyo objetivo es “examinar la manera en la que se realizan las actividades en el proceso productivo, para simplificar o modificar el método, reduciendo el trabajo innecesario o excesivo” y así, obtener un proceso de puras actividades que transformen el producto (Kanawaty, 1986, p. 9). El cual ha trascendido a Lean Manufacturing, dejando de forma similar ***falta de claridad en qué son los desperdicios, cuáles son, cuál es el proceso que debe llevarse a cabo para su eliminación y cuál es la conexión entre la identificación de desperdicios y las técnicas diseñadas para su eliminación.***

Evidenciando de esta manera que lo que se ha desarrollado o lo que se encuentran en la literatura (Cuatrecasas, 2003; Galgano, 2003; Martí O. & Torrubiano G., 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010) sobre Lean ***no presenta una herramienta clara que permita identificar, cuantificar, analizar y evaluar los desperdicios, resaltado además la dificultad que existe en las empresas para realizar este proceso de forma sencilla y práctica.***

Finalmente, Lean se ha caracterizado por ser *la guerra contra el desperdicio* llamada en el lenguaje de la Manufactura Lean “Hoshin”, la cual hace referencia a implementar todo tipo de actividades con el objetivo de eliminar los desperdicio, intentando que toda la organización se involucre en el proceso y elimine todos los desperdicios que tenga a su paso, de tal forma, que el proceso solo desarrolle las actividades que son fundamentales. Sin embargo, este concepto es confuso, dado que no se reconoce fácilmente quién es el enemigo, en contra de quién se pelea y si los desperdicios no son vistos no pueden ser eliminados (Domingo, 2003b), ***por lo que se requiere desarrollar la capacidad para visualizarlos y entenderlos, y herramientas que faciliten la identificación y cuantificación.***

Los desperdicios son actividades que deben ser eliminadas, pero *cómo saber que eliminar, cuáles son las que realmente deben ser eliminadas, o cuáles son las que más perjudican a la empresa, cómo saber cuáles actividades deben ser corregidas primero, es más, cómo saber cuáles son las actividades que no son necesarias, en dónde están, en qué parte del proceso*, son interrogantes que surgen basados en la investigación literaria y que serán aclarados conforme el desarrollo de este trabajo.

PROPUESTA

Partiendo la similitud encontrada entre los desperdicios y los problemas operacionales, se propone desarrollar un método que permita caracterizar, visualizar, medir, evaluar y eliminar los desperdicios, centrado fundamentalmente en reconocer cuáles son los desperdicios, los factores causantes y sus relaciones para obtener un mapeo general de cada uno de los desperdicios.

OBJETIVO GENERAL

Revisar y analizar los distintos desperdicios para proponer una forma de identificación, caracterización y concientización del desperdicio orientada a favorecer la mejora práctica de estos conceptos.

Objetivos específicos

1. Analizar el concepto de desperdicio y describir de forma concisa las variables que lo caracterizan.
2. Brindar herramientas al lector para que visualicé y sea consciente de la existencia de los desperdicios en su negocio.
3. Explicar el comportamiento sistemático de los desperdicios
4. Examinar y mejorar los métodos actuales de identificación de desperdicios con el fin de proponer una forma de identificación y medición de desperdicio en las organizaciones.

METODOLOGÍA

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos y el desarrollo de esta tesis, es importante definir claramente el cómo se van a lograr, para ello se ha diseñado el contenido básico de la misma y una serie de etapas que corresponden a cada uno de los capítulos a desarrollar, por tal motivo el desarrollo de la tesis comprende 5 etapas y que se describen a continuación:

Etapa 1: Desarrollo de conceptos base

En esta etapa se estudiará la literatura referente al tema de Lean Manufacturing y desperdicios, con el objetivo de aclarar y estructurar los conceptos fundamentales que deben ser tenidos en cuenta para el desarrollo de los capítulos posteriores.

Etapa 2: Caracterización de desperdicios

En la segunda etapa, se realizará un análisis de los diversos desperdicios existentes basados en la metodología Lean, con el fin de mostrar tanto las principales características, las causas, los efectos y los síntomas que presenta la empresa, que pueden ser evidencia de la existencia del desperdicio.

Etapa 3: Relaciones Causales

En esta etapa se plantean las diversas relaciones existentes entre desperdicios, lo cual surge basado en el análisis hecho en la etapa anterior, destacando las posibles causas de cada desperdicio y las técnicas de eliminación

Etapa 4: Mapeo de Procesos

En esta etapa se desarrollara la investigación y búsqueda de información sobre mapeo de procesos, a partir de los cuales se genera un planteamiento basado en los métodos usados para detectar fallas en los procesos y una propuesta para que las empresas identifiquen los desperdicios al tiempo que grafican el comportamiento real del proceso y miden los desperdicios hallados en él.

Etapa 5: Comparación de puntos de vista Lean

Finalmente, en esta quinta etapa se hará una comparación entre la metodología Lean encontrada en la Literatura, la propuesta hecha en el trabajo y la propuesta hecha en Yamaha sobre participación del personal en la mejora continua, para evidenciar los desperdicios en el lugar de trabajo y así, crear una propuesta de la identificación y eliminación del desperdicio que contemple los tres puntos de vista.

CAPÍTULO 1: BASE CONCEPTUAL

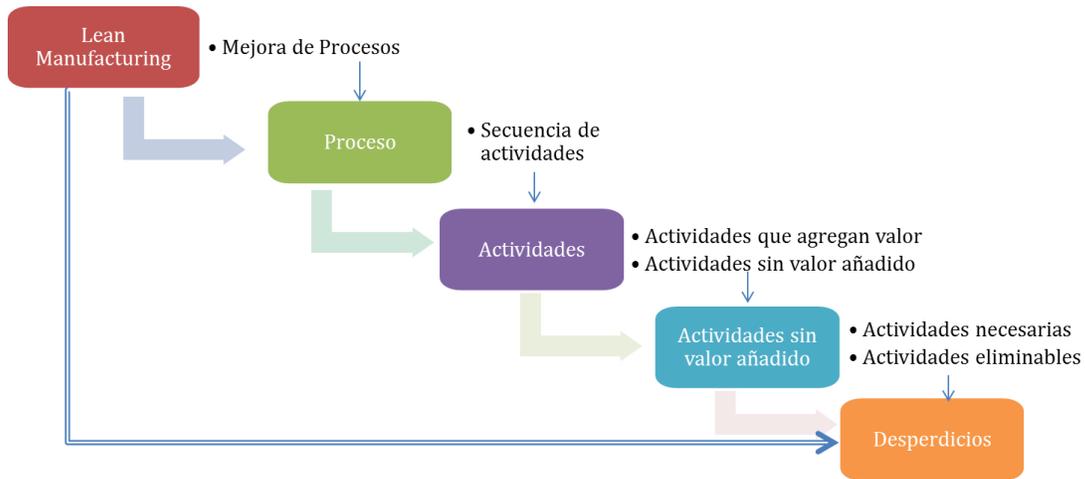


Ilustración 1: La Esencia de Lean Manufacturing

Actualmente las empresas están trabajando para obtener ventajas competitivas que les permitan interactuar a nivel global, por lo cual se ha vuelto una necesidad la mejora de procesos, la cual les permite poder reducir costos, aumentar la eficiencia y aumentar la flexibilidad, por medio del uso e implementación de metodologías que buscan la mejora de los métodos de trabajo.

Una de estas metodologías es Lean Manufacturing, que se basa en la mejora de procesos por medio de la eliminación de desperdicios, lo que se realiza haciendo un análisis a profundidad del proceso que va a ser mejorado y posteriormente, se identifica e idea un proceso con las propuestas de mejora a partir de las herramientas usadas por Lean. De tal forma, que el proceso es el punto de partida para Lean y por tanto se requiere aclarar que se entiende por proceso en este contexto y centrar así, el desarrollo de este trabajo en la identificación, caracterización y eliminación de desperdicios en el proceso.

El **proceso** es **la secuencia ordenada de todas las operaciones o actividades interrelacionadas que contribuyen a la conversión del material o los insumos iniciales en el producto final**, las cuales pueden ser ensamble de piezas, desensamble, cambios físicos o químicos sobre el producto, transformaciones o simplemente, actividades que se realizan para verificar la calidad, trasportar el material o perfeccionar el producto.

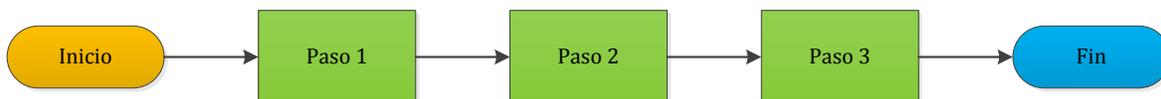


Ilustración 2: Proceso

Este concepto es fundamental en la mejora de procesos con Lean, dado que lo que se busca en esta metodología es estudiar el proceso a profundidad, determinando la funcionalidad y la necesidad de cada una de las operaciones que lo componen, para posteriormente, transformar el proceso de tal forma que maximice la productividad y la eficiencia de la empresa, simplificando y eliminando las actividades que no contribuyen directamente a la creación de valor.

Para entender mejor este concepto, en la industria se ha creado una forma muy visual de plasmarlo llamada **Mapa de Proceso**, la cual consiste en registrar por medio de diagramas o gráficos la secuencia en la que ocurren las operaciones en el proceso (ver Ilustración 2) o los diversos movimientos que hacen los materiales o las personas en planta y/o en el puesto de trabajo, de tal forma que por medio de este mapeo se puede medir el proceso tanto en tiempos como en distancias o cantidades, los cuales son factores determinantes de la eficiencia de un proceso.

La distribución en planta es uno de estos gráficos usados para representar con mayor facilidad los movimientos y el recorrido que hace el trabajador o los materiales desde la entrada, pasando por las diferentes estaciones hasta la salida y así evidenciar mejor el mapa del proceso, como se observa en la Ilustración 3.

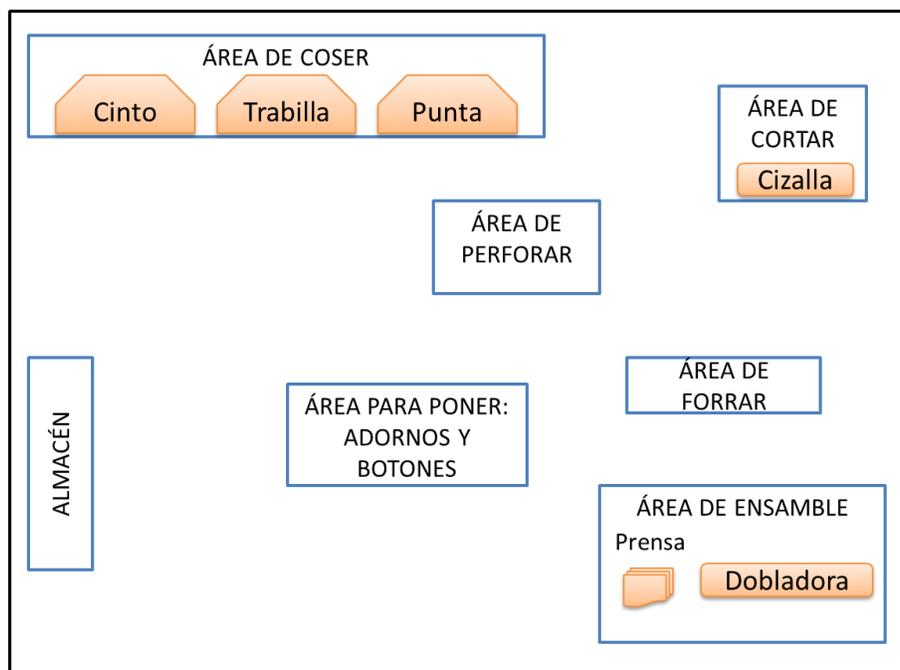


Ilustración 3: Distribución en Planta

Fuente: (García Sánchez, 2011)

Con lo anterior, surgen nuevas dudas: ¿Cuáles son las actividades que componen el proceso? y ¿cuáles deben ser simplificadas o eliminadas?. Por lo cual, se requiere identificar las

actividades y hacer clasificaciones que permitan al analista o a los interesados en la mejora, comprender el proceso.

Para ello se requiere clasificar las actividades que se desarrollan en el proceso identificando cuáles son las necesarias y cuáles son las que no contribuyen a la efectividad del proceso, es decir, cuáles son las actividades que deben desarrollarse para: obtener la calidad que el cliente y la empresa desean, en el menor tiempo posible y con el mejor uso de los recursos disponibles, y así contribuir a la precisión del concepto de desperdicio en el campo de la mejora de procesos.

Las actividades se clasifican en dos tipos las que añaden valor al producto y las que no añaden valor. A continuación se especificarán estos dos conceptos, distinguiendo en primera instancia el significado de valor y su importancia en la clasificación de las actividades.

El significado del valor

El valor es un concepto usado en el campo de los negocios y está ligado con la relación precio-beneficio que le atribuye el cliente a los productos que adquiere, dicha relación hace referencia a la importancia que le da el cliente al producto que la empresa desarrolla para él y por tanto, **el valor es lo que lo motiva a pagar cierto precio por dicho bien**, entonces se puede decir, que el valor está vinculado con las características, necesidades y deseos del cliente, pero además se presenta una relación del valor con las actividades que se desarrollan en la empresa para cumplir los requerimientos de éste, por medio del buen uso de los recursos o capacidades disponibles en la empresa para satisfacer dichas necesidades, y ofrecerle el producto/servicio que requiere en las condiciones que él lo desea, en el tiempo y al precio adecuado.

Estas capacidades están relacionadas con una serie de actividades que desarrolla la empresa en su proceso productivo para transformar las materias primas y crear un producto valioso para sus clientes, las cuales se conocen como actividades de valor añadido y representan, todas aquellas actividades físicas o tecnológicas que transforman el material o producto semielaborado haciéndolo avanzar hacia el producto final, contribuyendo de una u otra forma a la funcionalidad del mismo (es decir, el fin para el cual fue creado).

En conclusión ***las actividades de valor añadido son las fases principales del proceso, método o procedimiento, que transforman o modifican la materia prima o el producto procesado en producto terminado, permitiendo que el material, elemento o servicio avance un paso más hacia el final.***

Por otra parte, cuando se habla de actividades que no añaden valor al producto, se habla de aquellas actividades que hacen parte del proceso, en las cuales el producto no sufre ninguna transformación. Cabe señalar, que algunas de estas actividades no representan algún tipo de transformación sobre el material y pueden clasificarse en dos tipos: las actividades sin valor añadido **necesarias** y las actividades sin valor añadido **eliminables**. Las primeras hacen referencia a aquellas actividades que no transforman el producto pero que deben ser realizadas dentro del proceso como inspecciones, mantenimiento de máquinas, ajuste de

herramientas para cada lote, entre otras actividades productivas necesarias para el desarrollo del producto, las cuales no pueden ser eliminadas según el plan de trabajo actual, pero que pueden ser reducidas o simplificadas para que el tiempo, costo y capital invertido sea el mínimo.

Las segundas en cambio, hacen referencia a todas aquellas actividades que se consideran como **desperdicio** que gastan recursos, materiales, tiempo y costo, y que pueden ser eliminadas del proceso con un buen diseño del mismo; actividades como almacenaje, transporte de materiales y movimientos innecesarios del trabajador. Las cuales, hacen que el proceso gaste más de lo esencialmente necesario para la producción, consideradas como despilfarros o desperdicios, que son el tema esencial de este trabajo y por tanto se tratarán con mayor detalle en el transcurso del texto.

De tal forma que si la empresa se centrara en desarrollar sus actividades de valor añadido, reduciendo o simplificando las actividades sin valor añadido necesarias y eliminando los desperdicios, entonces alcanzaría una mejora en la productividad y competitividad, permitiéndole dar más la atención de los clientes.

El significado del desperdicio

El desperdicio es uno de los elementos clave de la mejora de procesos con Lean Manufacturing y como se mencionó en secciones pasadas, su eliminación es uno de los pilares de esta metodología, sin embargo, no ha quedado suficientemente claro ¿qué es un desperdicio? o ¿qué actividades del proceso podrían considerarse como tal?, ahora conociendo la definición de valor, se puede definir el desperdicio como:

“El desperdicio es toda actividad que no añade valor para el cliente, que no transforma el producto, ni contribuye visiblemente a la consecución del bien final, que además consume recursos y por tanto genera un sobre costo para el productor que de ser posible debe ser reducida o eliminada”¹.

Es decir, hacer referencia a actividades que no transforman el producto, que son realizadas en la empresa en el proceso productivo, pero que en realidad no convierten las materias primas en productos finales, pero que usan recursos, generan costos y el cliente no está dispuesto a pagar por ellas, en conclusión desde la perspectiva del cliente serían un desperdicio o “muda” como se conoce en la terminología japonesa.

Todas y cada una de las actividades que componen el proceso deberían contribuir al valor final, pero en la práctica, solo algunas de ellas, con frecuencia muy pocas, lo hacen realmente, estas actividades se conocen como actividades de valor añadido, sin embargo, el resto de las actividades son un desperdicio y dado que no contribuyen al valor final del producto, deben ser reducidas o eliminadas.

¹ Conceptualización del desperdicio basada en el común denominador de la Literatura y resaltada para la comprensión de este a lo largo del trabajo.

Finalmente y con esta última idea de eliminación o reducción de desperdicios surge la llamada “Guerra Contra El Desperdicio”, que hace referencia a encaminar todas las actividades desarrolladas en la empresa a eliminar el desperdicio, involucrando a todo el personal de la compañía; de tal forma que aprendan a visualizar, identificar, proponer soluciones y eliminar desperdicios, basados en 4 etapas:

La primera es visualizar los desperdicios, hace referencia a identificar las múltiples fallas con los procesos productivos, algunas de las cuales se pueden identificar a simple vista como el inventario, los fallos de máquina, los productos defectuosos, etc., y pueden bajo una observación del lugar de trabajo, ser caracterizados como desperdicio, sin embargo, existen otros que están ocultos en el proceso y que se requiere un mayor análisis para que tanto el grupo de trabajo como todo el personal de la empresa los considere evidentes.

Tal como se ve en la Ilustración 4, en la que se los desperdicios y problemas de las organizaciones se comportan como un gran iceberg en el cual se reúnen todos los problemas y desperdicios, y van obstaculizando el funcionamiento de la empresa, destacando además que solo logramos visualizar aquellos que están en la superficie y los demás permanecen ocultos bajo el agua.

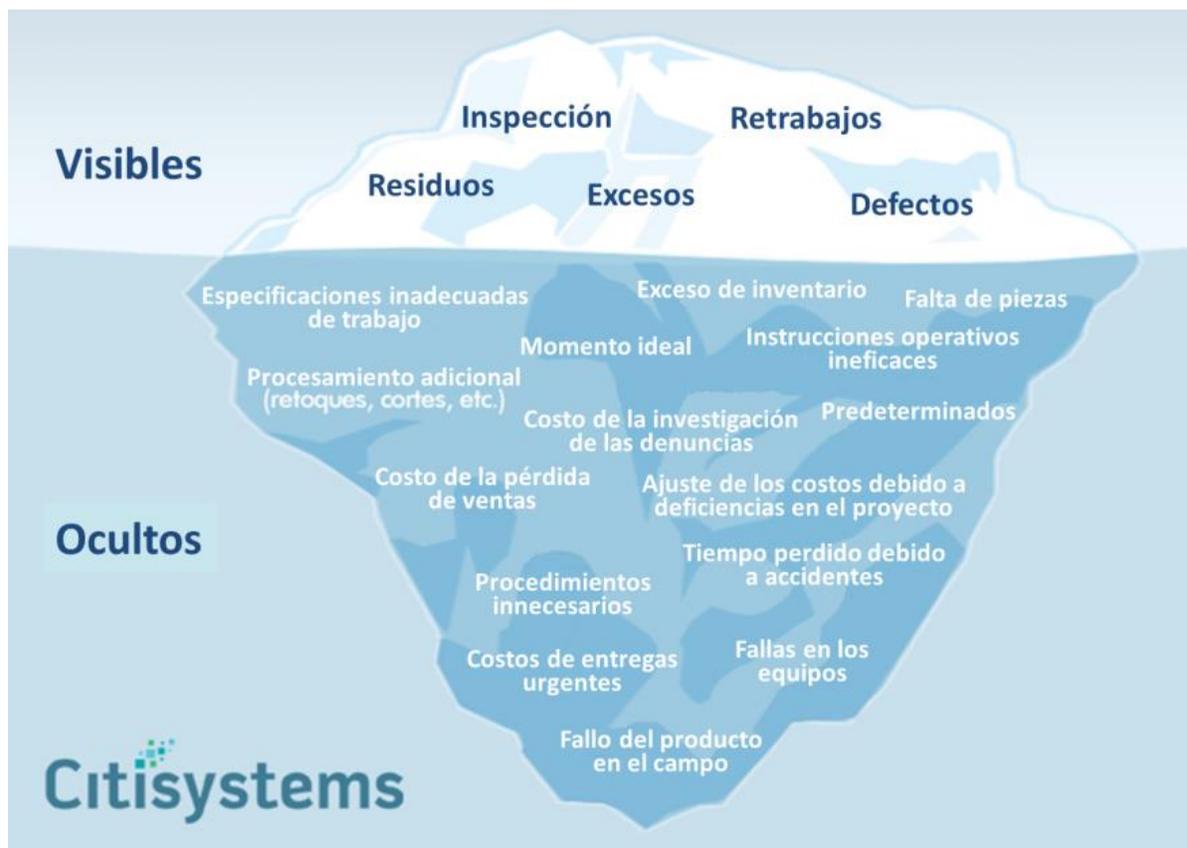


Ilustración 4: Comportamiento de los Desperdicios adaptado de (Bertulucci Silveira, 2013)

En la segunda etapa, ya se ha visto que existen desperdicios en la empresa, ahora se requiere tener ese impulso o esa motivación para iniciar el proceso y llegar hasta la eliminación del mismo, para lo cual se hace un análisis de las causas y efectos que están teniendo dichos desperdicios en el proceso, para continuar con la tercera fase. La identificación, en la cual se muestra por medio del mapa de proceso el lugar donde hay desperdicio en la secuencia de trabajo habitual, en esta, se logra medir que tan profundo y elevando es el desperdicio en el proceso para evaluar los daños que está causando.

Y la cuarta etapa, hace referencia a la eliminación de desperdicio para la optimización del proceso, para la cual se requiere hacer un análisis respecto a los desperdicios y los métodos de eliminación existentes.

Basado en esta estructura, se desarrollaran los siguientes capítulos de este trabajo.

CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DE LOS DESPERDICIOS

El componente fundamental en la metodología Lean es la eliminación del desperdicio, el cual se definió como ***toda actividad que no añade valor para el cliente, que no transforma el producto, ni contribuye visiblemente a la consecución del bien final, que además consume recursos y por tanto genera un sobre costo para el productor, que de ser posible debe ser reducida o eliminada***, sin embargo, aún se requiere tener completa claridad sobre cuáles son esos llamados desperdicios y cómo se presentan estos en la empresa, puesto que los desperdicios pueden estar ocultos o no visibles, por eso en este capítulo se busca dar una mayor precisión al concepto de desperdicio, por medio de la clasificación y caracterización de los principales 7 desperdicios que se han identificado en la manufactura. Además se presentaran las posibles causas clasificadas en 5 criterios, como lo son:

1. Las que se atribuyen a las instalaciones y los equipos.
2. Las que están relacionadas con la dirección de operaciones.
3. Las que surgen dadas las políticas de la empresa.
4. Las que dependen directamente del factor humano y finalmente,
5. Las que pueden ser ocasionadas por falta de prevención o cobertura de fallas.

También se presentarán para cada desperdicio las excusas que se usan en la industria para justificar la presencia de los desperdicios en el proceso, llamadas en este trabajo formas de negación, que incluyen las posibles razones por las cuales la empresa no es capaz de aceptar el desperdicio como tal.

En una parte posterior se mostraran los principales efectos que traen los desperdicios en el funcionamiento del proceso productivo clasificados en tres formas:

1. Los que afectan directamente la eficiencia del proceso (características de calidad, tiempo y costo).
2. Los que están relacionados con otros desperdicios y,
3. Los que afectan el factor humano.

Este análisis será presentado tomando como base la estructura que se muestra en la Ilustración 5.

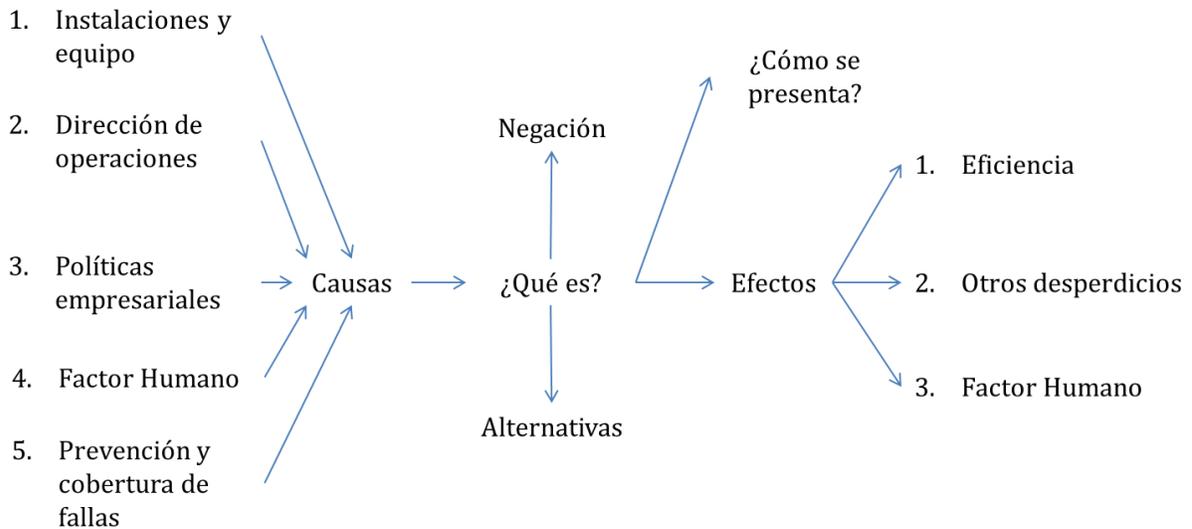


Ilustración 5: Caracterización de los Desperdicios

Los desperdicios en la industria

Los desperdicios se consideran como las principales actividades sin valor añadido que contiene el proceso productivo, en la metodología Lean Manufacturing son consideradas como mudas, las cuales deben ser identificadas, medidas, evaluadas y eliminadas por medio de una serie de mejoras de los procesos para incrementar la productividad. Estas se clasifican en 7 grandes grupos, los cuales son: Sobreproducción, Demoras, Transporte de materiales, Movimientos innecesarios del trabajador, Inventarios, Defectos y finalmente, Sobreprocesamiento.

Sin embargo, hay otras actividades que se clasifican como desperdicios que en el lenguaje japonés se conocen como Muras y Muris, las primeras hacen referencia a los desperdicios que se asocian con la falta de estandarización del proceso y desbalance de producción, bien sea en el diseño del mismo o en la capacitación y desempeño de los trabajadores, provocando de una u otra forma los otros desperdicios; las segundas, se refieren a todas las sobrecargas de trabajo que sufren los operarios, las máquinas e instalaciones, o a las actividades con dificultades ergonómicas en las operaciones, las cuales, perjudican al trabajador provocando desgastes innecesarios, cansancio, dolores y hasta enfermedades, o perjudicando el funcionamiento de la máquina y el desgaste rápido de las herramientas, además causa ineficiencias y altos costos en la operación.

En este trabajo solo se tratarán los desperdicios relacionados con las Mudas, que en general abarcan las otras dos categorías como posibles causas o consecuencias en el análisis que se presentará posteriormente.

La sobreproducción:

Son todas aquellas actividades en las cuales se procesa el material de forma más rápida, anticipada o en cantidades mayores a las necesarias en ese momento para otro proceso o las requeridas por el cliente, es decir, que el proceso no trabaja con respecto a la demanda, por lo que se provoca la existencia de inventarios innecesarios.

Producir de manera anticipada o en mayor cantidad hace que los operarios y las máquinas permanezcan desocupadas durante largos periodos, por otro lado, los costos se incrementan dado la inversión innecesaria de materiales, mano de obra, energía, etc. para producir en exceso; además hay desgaste innecesario de personal y maquinaria.

Este desperdicio puede ocasionar daños en los productos como un estallido de defectos dada la alta cantidad de productos, el descontrol que estos generan y los daños de máquina causados por el desgaste de las mismas al trabajar a su máxima capacidad, lo que implica altos niveles de ineficiencia en calidad.

Analizando detenidamente este desperdicio se considera que es causado por tener instalaciones, máquinas o mano de obra innecesaria, es decir, tener mayor capacidad de la que se requiere para cubrir la demanda, puesto que dado que la razón de ser de la industria es “*Producir*”, la empresa suele incurrir frecuentemente en este desperdicio con el fin de aprovechar su capacidad instalada y mantener los márgenes de producción, sin considerar los requerimientos de los clientes.

Similarmente, las políticas de la empresa son causas generadoras de sobreproducción, dado que la mayoría de las fábricas trabajan bajo estándares de producción, motivando a sus trabajadores con incentivos para superar las metas de producción diarias o mensuales, lo que genera tal desperdicio o bajo otro tipo de políticas como el tamaño de lote que es una variable que afecta directamente la producción, puesto que cuando existe un lote de gran tamaño, se genera producción en exceso, dado que independientemente del volumen que se requiere se deben fabricar un cierto número de piezas cada vez que se programa dicha producción.

Hay otro tipo de causas que hacen referencia al proceso, y dado que la mayoría de las herramientas de la ingeniería Industrial están enfocadas a la mejora, pueden ser resueltas bajo un proceso sistemático de aplicación de dichas herramientas. Los principales factores del proceso que son generadores de este desperdicio son: el desbalance de la línea de producción, set-up (preparación de máquina) inapropiado y la mala programación de producción.

Es fácil relacionar estas causas con la sobreproducción puesto que la falta de continuidad en el proceso o desbalance de línea ocasiona que unas máquinas produzcan en exceso y otras estén sin trabajo, generando de esta manera sobreproducción en algunas partes del proceso. Asimismo, el alistamiento o preparación de máquina puede ser extenso, complicado o poco claro, lo que genera que las máquinas deban trabajar en exceso para evitar faltantes en la línea o con el cliente, sin embargo, la causa más importante de esta categoría de dirección de operaciones, es la mala programación de producción, que puede estar relacionada con la falta

de conocimiento de la demanda o el pronóstico inadecuado de la misma, por lo que se produce en exceso sin ajustar la producción a la demanda.

Ahora, si se examinan factores inesperados como son los daños de máquina, problemas de calidad e inestabilidad en la demanda, es fácil detectar estas causas están relacionadas con este desperdicio, dado que al haber un daño de máquina se afecta todo el proceso y se tiene sobreproducción en otras máquinas que siguen trabajando mientras se repara la máquina dañada. Por otra parte, los problemas de calidad siempre generan sobreproducción, puesto que al dañarse productos, se debe producir más para suplir todos los problemas causados por los defectos, y finalmente, la inestabilidad de la demanda es un factor totalmente incontrolable, hace que el proceso de producción deba adaptarse constantemente, lo que en realidad no se hace y por lo tanto se incurre en la sobreproducción.

Sin dejar de lado o restarle importancia, el factor humano también influye en la creación de este desperdicio, puesto que al existir tanto las políticas de estándares de trabajo, se considera que el trabajador trata de incrementar su estándar y así, obtener el beneficio sin tener en cuenta que al seguir este principio se genera producción en exceso e innecesaria; al igual que si el trabajador está ausente de su puesto de trabajo puede causar que se acumule inventario y se genere el desperdicio.

Este desperdicio además se considera como **el generador de todos los desperdicios** (Martí O. & Torrubiano G., 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010), puesto que cuando hay excesos de producción hay más inventarios, hay más transportes y movimientos dada la necesidad de mover todos los materiales que se han procesado, de igual forma, esperas y defectos dado la pérdida de tiempo y los niveles de inventarios que maximizan el número de defectos.

Es probable que la empresa no sea consiente de este desperdicio, ya que son inventarios, los cuales son considerados como motivo de orgullo al cumplir o superar los niveles de producción establecidos y hace parecer que todo está funcionando perfectamente, produciendo al máximo de su capacidad y de esta forma se hace más difícil la eliminación de este desperdicio.

Dada esta situación, también se consideran otros motivos por los cuales la empresa tiende a negar este desperdicio o a aceptar su presencia en la fábrica como, la necesidad de cubrir los posibles daños o alteraciones en el proceso, es decir, este desperdicio les generan un sentido de seguridad y tranquilidad al tener productos en reserva para responder al cliente o continuar con el proceso en dichos casos.

En la Ilustración 6, se presenta un resumen de los factores que afectan o que se ven afectados por este desperdicio.

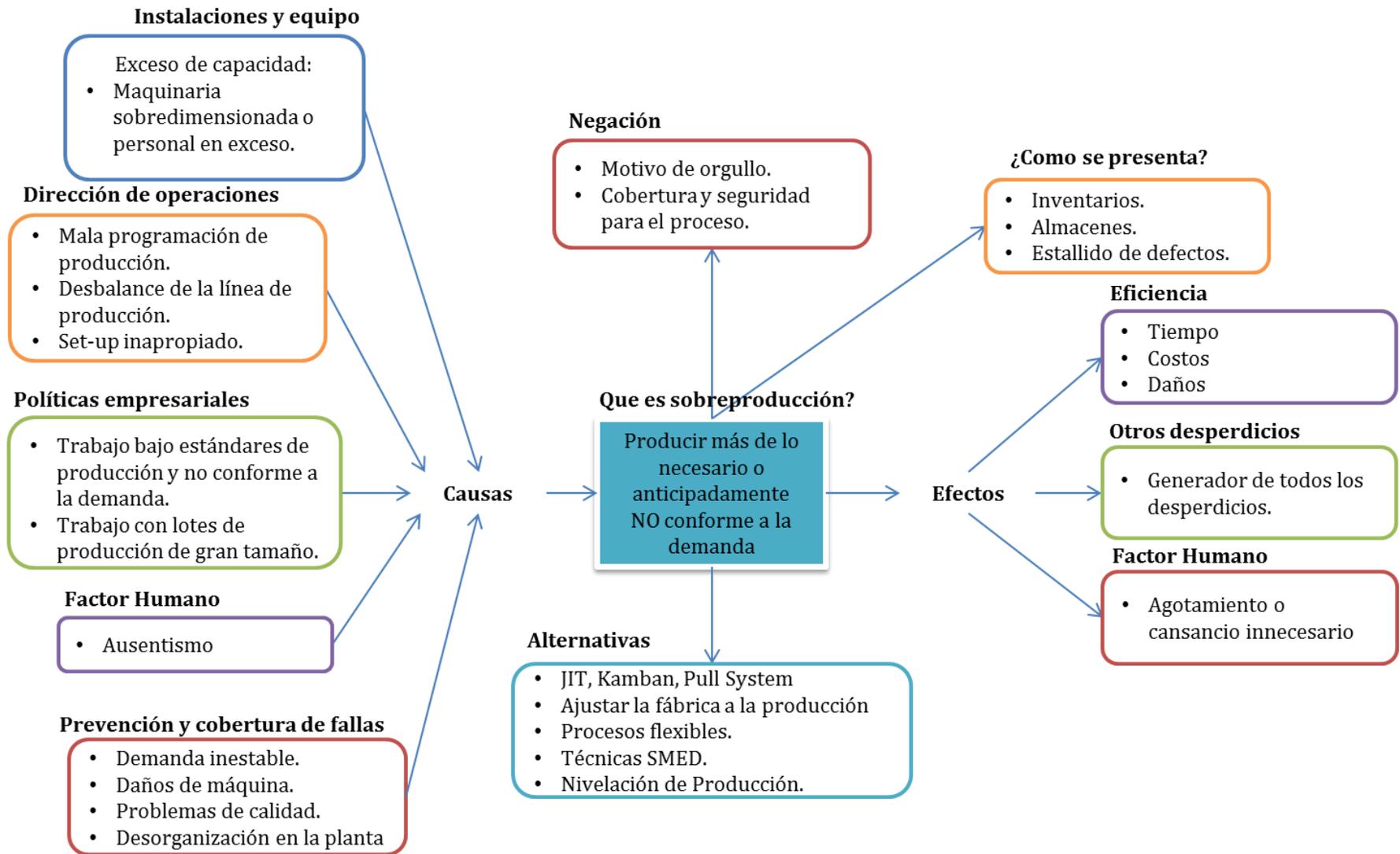


Ilustración 6: Sobreproducción

Las esperas:

Se produce una espera cuando los operarios o máquinas permanecen sin desarrollar labor alguna dada una labor previa que les impide iniciar sus actividades o cuando se está desarrollando una operación y debe permanecer en espera hasta que esta termine. Estas actividades o situaciones se consideran como un desperdicio porque representan tiempo perdido durante el proceso productivo por parte del operario o máquina que permanece en espera de manera innecesaria, sin realizar ninguna labor que contribuya a la transformación del producto.

Las esperas en principio, no se caracterizan como actividades por lo que no podría considerarse como desperdicio, sin embargo, éstas hacen referencia al tiempo en el que el operario o máquina no hacen nada, es un tiempo ocioso, un desperdicio.

Este desperdicio es fácil de identificar en el proceso, incluso durante la observación se puede notar si el operario está o no trabajando, o si la máquina está o no en funcionamiento, sin embargo, es difícil de evitar puesto que requiere una alta sincronía de las operaciones.

Cuando se hace una revisión del proceso se puede ver situaciones como:

- El operario espera a que la máquina termine.
- La máquina está a la espera de que el operario termine.
- El operario y la máquina no están trabajando, es decir, no se está desarrollando ninguna labor en el puesto de trabajo.
- Las máquinas están paradas de manera planificada o no.

Aun así, en algunas empresas no se identifica como un desperdicio, puesto que se justifica gastar ese tiempo mientras el proceso funcione y el material siga avanzando, por lo que se vuelve fundamental profundizar tanto en las causas como en los efectos que tiene este desperdicio sobre el proceso, para que así el analista de proceso tenga mayor certeza de la importancia de eliminar este desperdicio.

En primera instancia la causa primordial de este desperdicio se encuentra relacionada con el manejo y diseño de las operaciones, dado que al no sincronizar las fases que comprenden los procesos se producen cuellos de botella, desbalance en la línea de producción, acumulación de inventarios, entre otros problemas, que finalmente conllevan a que unos operarios permanezcan sentados mientras otros están saturados, es decir, desperdicio de tiempo para algunos recursos. De la misma forma, encontramos dos causas atribuibles a la dirección de operaciones, como es la mala planeación de requerimiento de materiales para la línea de producción y los largos tiempos de preparación de máquina (Set-up), dado que genera que los materiales o máquinas no estén disponibles para el procesamiento y por tanto los operarios y hasta las máquinas permanecen ociosos.

De manera similar, existen otras situaciones que permiten visualizar la presencia de este desperdicio en el proceso como:

- El operario espera a que otro operario autorice o acabe su labor.
- El operario está en búsqueda de instrucciones para iniciar o continuar su labor.

Las cuales pueden ser atribuidas a las políticas de la empresa, puesto que los procedimientos o la secuencia de operaciones requieren de múltiples autorizaciones o decisiones que no puede tomar el operario por sí mismo, y requiere que un supervisor, inspector o jefe le autorice, de tal forma que se extiende el proceso y las máquinas u operarios permanecen desocupados en algunos momentos del proceso.

Como se puede ver el principal efecto de este desperdicio son las pérdidas de tiempo, en algunos casos las esperas pueden ser tan largas que se llega a incumplir con las programación de entregas al cliente, lo que ocasiona pérdida de la confianza y posteriormente, pérdida de clientes, sin embargo, también se desperdicia tiempo laboral de trabajadores y máquinas, puesto que eliminando este desperdicio se puede potenciar la capacidad de la empresa y mejorar la productividad. De igual forma, existen otros efectos como la generación de inventarios, dada las paradas del proceso, que también impiden la continuidad en el proceso generando desubicación de los trabajadores y desorganización en las labores.

Al analizar la planta se encuentra otra causa de este desperdicio, ya que cuando las máquinas tiene variadas capacidades de producción, es decir, algunas máquinas producen más rápido que otras, generan desequilibrio en la producción y algunas operaciones deben ser forzadas a esperar mientras otras están trabajando.

Finalmente las últimos dos clasificaciones de causas como son el factor humano y la cobertura de fallas en este desperdicio se encuentran dos causas muy importantes desde el punto de vista del trabajador, si éste no está capacitado para realizar múltiples labores y solo conoce el funcionamiento de su puesto de trabajo, ni realizar múltiples tareas en otras estaciones de trabajo que lo requieran, produce demoras en el proceso. Y desde el punto de vista de las fallas, como se ha comentado la maquina parada es una forma de demora por lo que cualquier causa atribuible a una parada de máquina es causa a su vez de este desperdicio, es decir, daños de máquina, falta de material y herramientas no disponibles o dañadas.

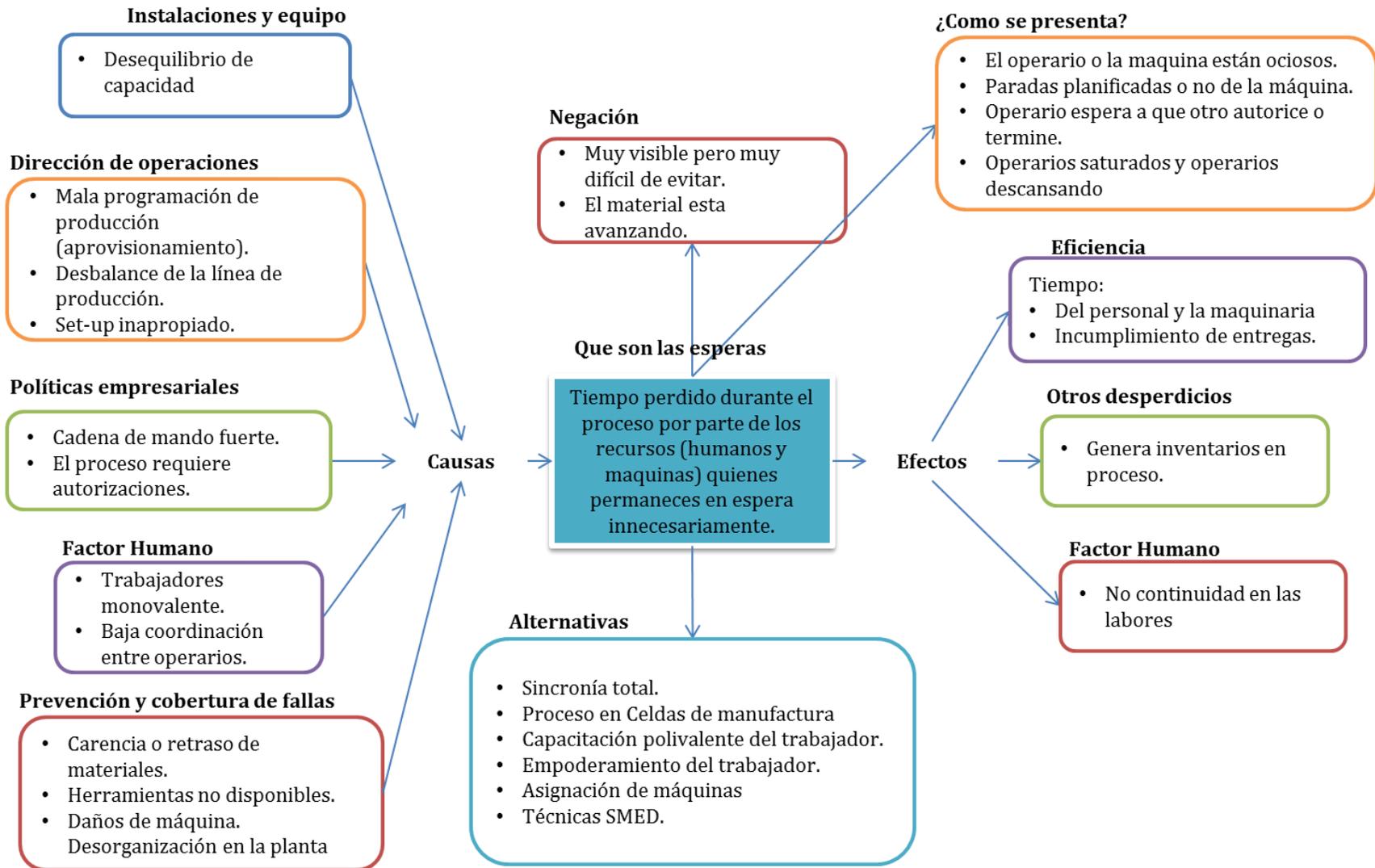


Ilustración 7: Esperas

Los transportes:

Los transportes dependen primordialmente de la distribución en planta, por lo que la mala o inadecuada distribución es la causa fundamental de este desperdicio, que son todas las actividades relacionadas con el traslado de material o herramientas a un lugar determinado para su procesamiento o almacenamiento, tales como apilar, acumular, ordenar, desplazar, descargar, incluyendo cuando es requerido trasladar equipo de transporte en la planta como carretillas, diablitos, contenedores, montacargas, entre otros, al punto donde se requiere levantar y trasladar material.

Si observamos la planta, desde la perspectiva del material, es fácil identificar que el material se está moviendo, que requiere almacenes, contenedores, bandas transportadoras incluso personal para su carga y descarga, sin embargo, las empresas tienden a negar este desperdicio basado en la premisa que el material debe fluir a través de la planta para ser transformado y que las máquinas están en un lugar determinado (por lo que no se pueden mover) y no se interesan en modificar los procesos para evitar que el material se traslade eliminando este desperdicio.

También se produce este desperdicio cuando se envían piezas equivocadas al lugar equivocado o en el momento equivocado, puesto que se realizan transportes innecesarios que puede ser considerado como un error humano o quizá hasta el mismo proceso que puede indicar que debe llevarse el material al almacén cuando en ese momento es requerido en otro proceso o cualquier tipo de instrucciones equivalentes, que guían a la segunda causa fundamental un proceso mal diseñado, el cual no es claro, es complicado o están mal definidos los recorridos que debe realizar el material para ser transformado en el proceso.

De la misma forma, se asocian las políticas definidas por la empresa como el tamaño de lote, el cual provoca que aparezcan o incrementen los traslados de material de una zona a otra, entre estaciones o desde el almacén que generalmente está alejado de la zona de producción, incrementando así los transportes y por tanto sus consecuencias como: el incremento del tiempo de ciclo del proceso, los costos de inversión y el número de piezas o herramientas dañadas.

- Desorganización del lugar de trabajo.
- Demoras en el proceso (esperas).
- Deterioro de materiales (inventarios dañados u obsoletos)
- Incremento del tiempo de producción.
- Desperdicio de espacio
- Desperdicio de tiempo y energía.

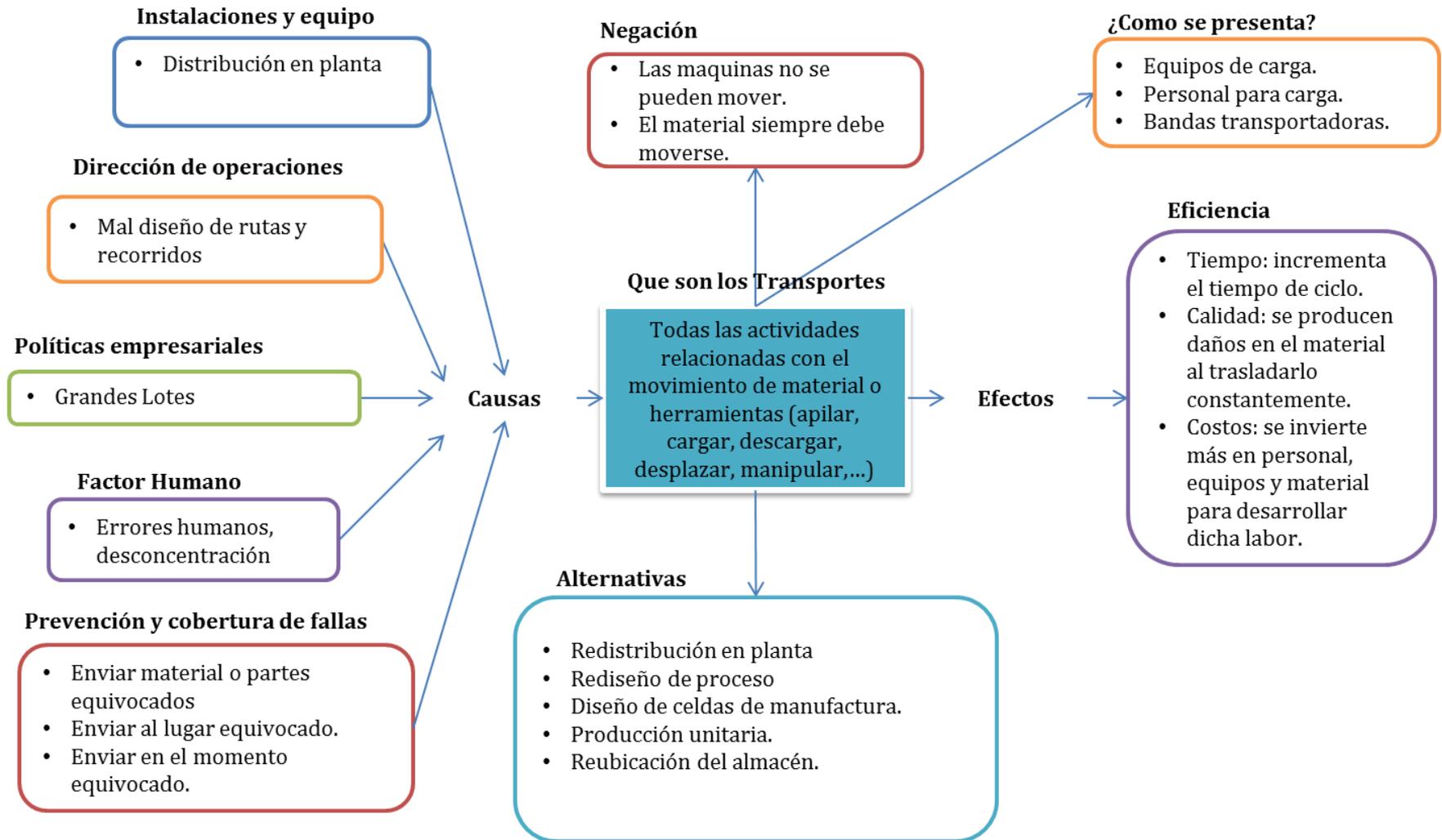


Ilustración 8: Transporte

Los movimientos:

Son todas las actividades que realizan los trabajadores de manera innecesaria en su puesto de trabajo o desplazamiento en la planta, como tomar partes, mover partes, buscar herramientas, doblar o acomodar, caminar, levantar o realizar desplazamientos en exceso, las cuales son innecesarias o incómodas pero que según el proceso de trabajo actual es la única forma de desarrollar el trabajo y perjudican el proceso puesto que extienden el tiempo necesario para el desarrollo de la actividad, por lo que se consideran como un desperdicio.

Este tipo de actividades son frecuentemente desarrolladas en la industria, pero no se les presta importancia, dado que se cree que es la única forma de desarrollar el proceso o no se le presta la suficiente atención, dado que la producción está en marcha y lo más relevante es que avance, sin importar los desperdicios de tiempo y desgaste del trabajador durante este proceso. Adicionalmente, es difícil visualizar este desperdicio con una observación general, se requiere que el análisis se haga a nivel del operario y las operaciones que desarrolla el mismo, incluso un estudio ergonómico que permita medir el esfuerzo que requiere el trabajador en cada uno de sus movimientos.

Por otra parte, este desperdicio es el principal generador de enfermedades, problemas de salud o accidentes laborales, dada su relación con el desplazamiento y actividades realizadas por el trabajador durante la operación, lo que ocasiona problemas aún mayores como problemas de seguridad laboral y los gastos asociados, incluso hasta daños en los materiales y posible desmotivación de los trabajadores, al igual que problemas de tráfico, pérdidas de tiempo y poco control sobre el tiempo de procesamiento del producto, dado que los desplazamientos de operarios ocasionan este tipo de problemas.

Este desperdicio está relacionado con los micro-movimientos conocidos como Therbligs definidos por los esposos Gilbreth quienes fueron los pioneros en estudios de tiempos y movimientos, quienes redujeron a 18 movimientos físicos elementales todas las actividades que puede desarrollar el trabajador durante la operación y cuyo fin principal es determinar las actividades que componen el proceso desde el punto de vista del trabajador y así, identificar cuáles son necesarias para desarrollar la labor, por lo que se considera fundamental usar el análisis a nivel de puesto de trabajo para identificar este tipo de desperdicio.

De la misma forma que los anteriores desperdicios, se pueden clasificar algunos factores que están provocando este desperdicio en la empresa como lo son:

En primera instancia, la distribución tanto a nivel de puesto de trabajo como a nivel de planta, puede ocasionar que el trabajador tenga que buscar, alcanzar o desplazarse para tener a su disposición materiales y/o herramientas de trabajo, incluso la ubicación de almacenes o depósitos de herramientas puede ocasionar este desperdicio, sin embargo también el diseño o la complejidad de las máquinas hace que el operario deba realizar o realice múltiples movimientos innecesarios.

En segunda instancia, dada la misma naturaleza del desperdicio, es decir, como esté se relaciona con las labores en su puesto de trabajo, un factor que propicia el surgimiento de este desperdicio es la organización y diseño del puesto de trabajo, puesto que el operario se ve sometido a dicha distribución creada por la dirección de operaciones, quienes además son los que desarrollan y controlan la manera de trabajar, que influye como agente causal de múltiples movimientos innecesarios, bien sea por determinaciones de los instructivos de trabajo las cuales pueden ser deficientes, en muchos casos inexistentes, o por negligencia del trabajador, quien desarrolla la labor a su antojo, no está capacitado o le falta experiencia para llevar a cabo la labor sin ejercer movimientos innecesarios.

En tercera instancia y quizá como factor primordial la organización tanto del puesto de trabajo como de la planta es causa fundamental de este desperdicio puesto que propicia que el trabajador deba desplazarse más de lo necesario para obtener una herramienta o parte, que deba hacer labores como: buscar, seleccionar, encontrar, alcanzar, agarrar, desplazar, colocar, entre otras, que no contribuyen a la transformación del producto y por ende se consideran como desperdicio.

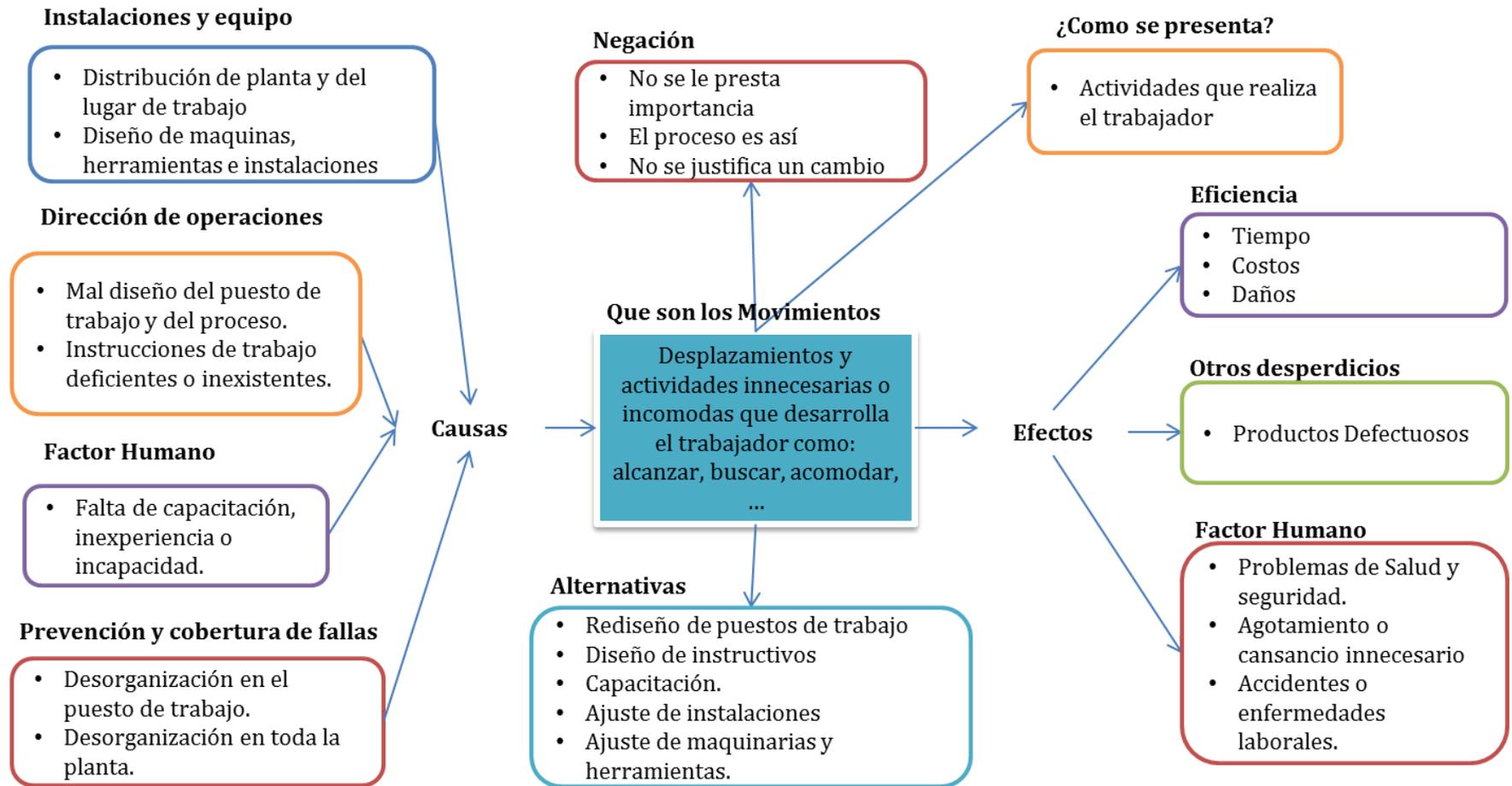


Ilustración 9: Movimientos

Los defectos:

El desperdicio de defectos en principio no se ve como una actividad en sí misma, porque se habla de productos aunque implícitamente para tener dichos defectos tuvo que desarrollarse una o más operaciones que gastaron recursos y que no podrán recuperarse, incluso así pueda repararse sigue siendo un desperdicio todas las labores adicionales que se desarrollan para tal fin. Los defectos son el desperdicio más común en la industria, incluso se crean estaciones de trabajo para recuperación de defectos, estaciones de inspección para aceptar y rechazar partes, herramientas para retrabajar los productos que no resultan bien a la primera vez y oficinas para devoluciones, labores que desde el punto de vista de la manufactura Lean son un desperdicio, puesto que lo correcto sería transformar la pieza una sola vez y que este perfecta en dicho intento.

De esta forma, se puede decir que este desperdicio está compuesto por todas aquellas partes que han sido rechazadas, que tienen defectos o que están fuera de especificaciones, las cuales no pueden ser enviadas al cliente en estas condiciones, deben ser reparadas o rechazadas. Sin embargo, esta categoría del desperdicio incluye además a los productos que puedan ser devueltos por el cliente, por fallos en su funcionamiento o por defectos en calidad.

Los cuales pueden ser ocasionados por:

1. Instalaciones, equipos o herramientas inadecuadas o inapropiadas que puedan estar dañando las piezas durante el procesamiento.
2. Estándares en la operación, instrucciones o sistemas de inspección inadecuados los cuales se enfocan principalmente en la revisión de las piezas después del procesamiento y no durante el proceso, además pueden ser un poco confusas o difíciles de cumplir, lo que ocasiona frecuentemente defectos.
3. Por fallos de máquina o falta de mantenimiento del equipo.
4. O puede ser causado por factores humanos como: errores humanos, falta de atención, falta de capacitación, incluso el interés o la motivación con la que el trabajador desarrolle su labor influye en la obtención de un producto defectuoso.

Un factor muy importante en la detección de las causas que generan este desperdicio son las políticas de la empresa, en este caso, el diseño del producto, dado que si desde el principio el producto está mal diseñado o no se ha considerado una relación funcional producto-proceso es difícil que el producto pueda manufacturarse con las especificaciones que exige su diseño, lo que provocaría una frecuente recurrencia en este desperdicio y no sería controlable desde el punto de vista de la dirección de operaciones.

Aunque es fácil visualizar este desperdicio y relacionarlo con sus causas, la eliminación es altamente compleja, dado que en principio todas las empresas cuentan con defectos, incluso son vistos como algo natural, cotidiano, que sucede y que no afecta el proceso, porque en dado caso que haya un producto en estas condiciones puede ser reparado o simplemente se produce otro para remplazarlo, lo que lo vuelve difícil de eliminar, principalmente porque el

proceso está diseñado para aceptar un máximo de defectos, sin tener en cuenta las consecuencias.

Las consecuencias son:

En primera instancia afecta directamente la eficiencia del proceso, puesto que se debe producir más de lo requerido para cubrir los productos dañados, incrementando así el tiempo de procesamiento de pedidos, el costo y el trabajo requerido; también se afectan otros factores un poco más fuertes como la imagen de la empresa, que se ve deteriorada en el momento que un cliente reciba un producto defectuoso o cuando se incumple con la programación de entregas que es muestra evidente de problemas en el proceso productivo.

También se generan otros costos y operaciones logísticas adicionales para el manejo de este tipo de productos tanto al interior (en el manejo de retrabajos) como el exterior de la empresa (en el manejo de devoluciones) y otras operaciones de producción adicionales, como la reprogramación de pedidos y lotes dada la necesidad de cumplir con las entregas.

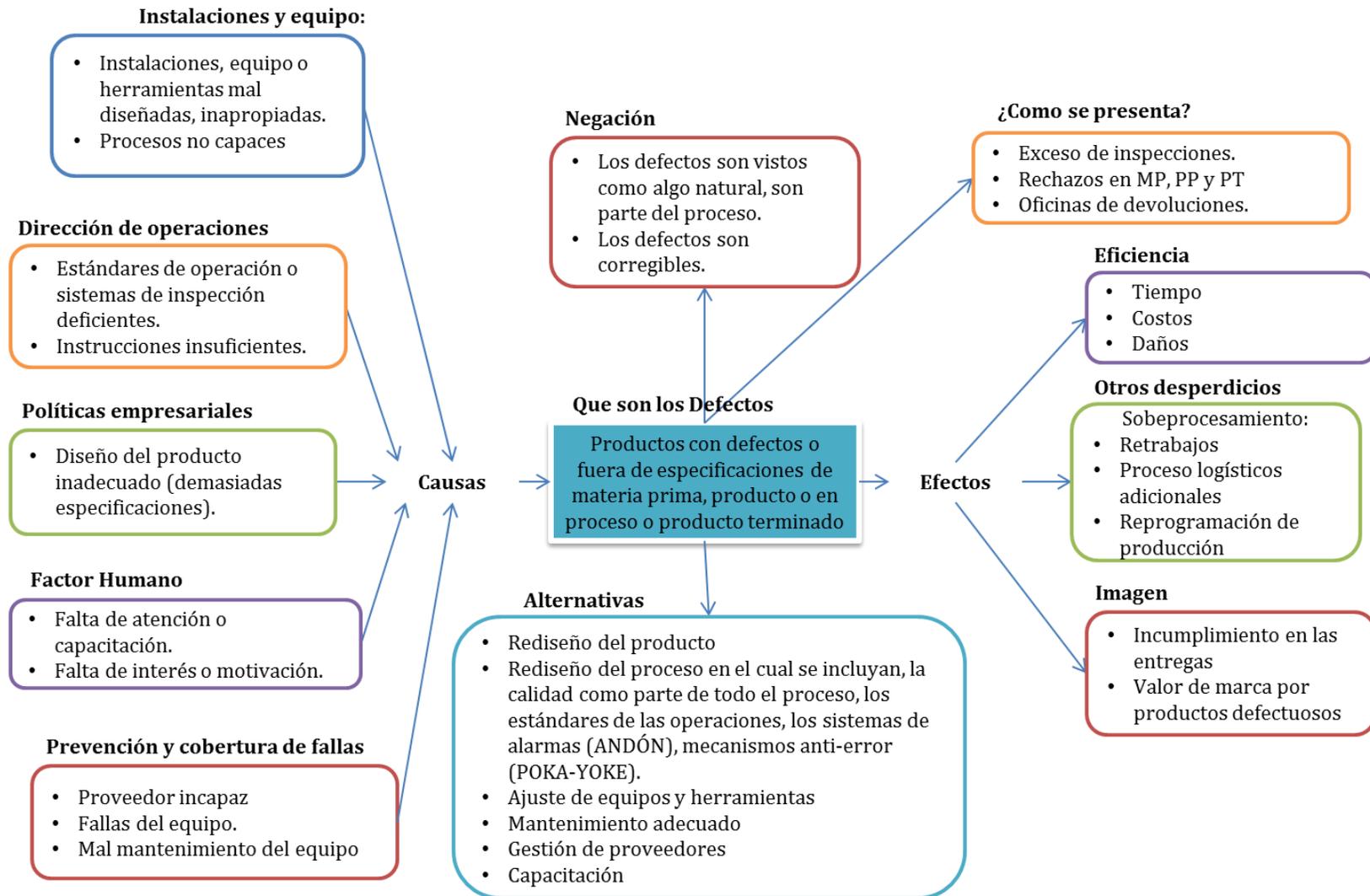


Ilustración 10: Defectos

El sobreprocesamiento:

Este desperdicio es muy difícil de identificar, puesto que a diferencia de las demás, las actividades que se clasifican como sobreprocesamiento hacen parte del proceso y contribuyen a una transformación del producto, por lo que pueden clasificarse como actividades de valor añadido y por ello es importante destacar que son consideradas como desperdicio puesto que con ellas se realiza más trabajo del necesario, es decir, son actividades que hacen más procesamiento sobre el producto del que es requerido para obtener el producto final, o son actividades que pueden ser eliminadas al mejorar el proceso y no es realmente visible el valor atribuido de dichas actividades. Algunos ejemplos de estas pueden ser: procesar dos veces el producto por la misma máquina, retrabajar piezas, enrollar una tuerca en un tornillo muchas veces para fijar una pieza en vez de modificar la pieza para que solo se deba apretar un par de veces como se muestra en la Ilustración 11.

Estas actividades pueden no ser requeridas para el desarrollo del producto, ser ineficientes o mejorables, por lo que con un análisis de operaciones y una mejora del proceso pueden ser modificadas de tal manera que logren hacerlo más eficiente.

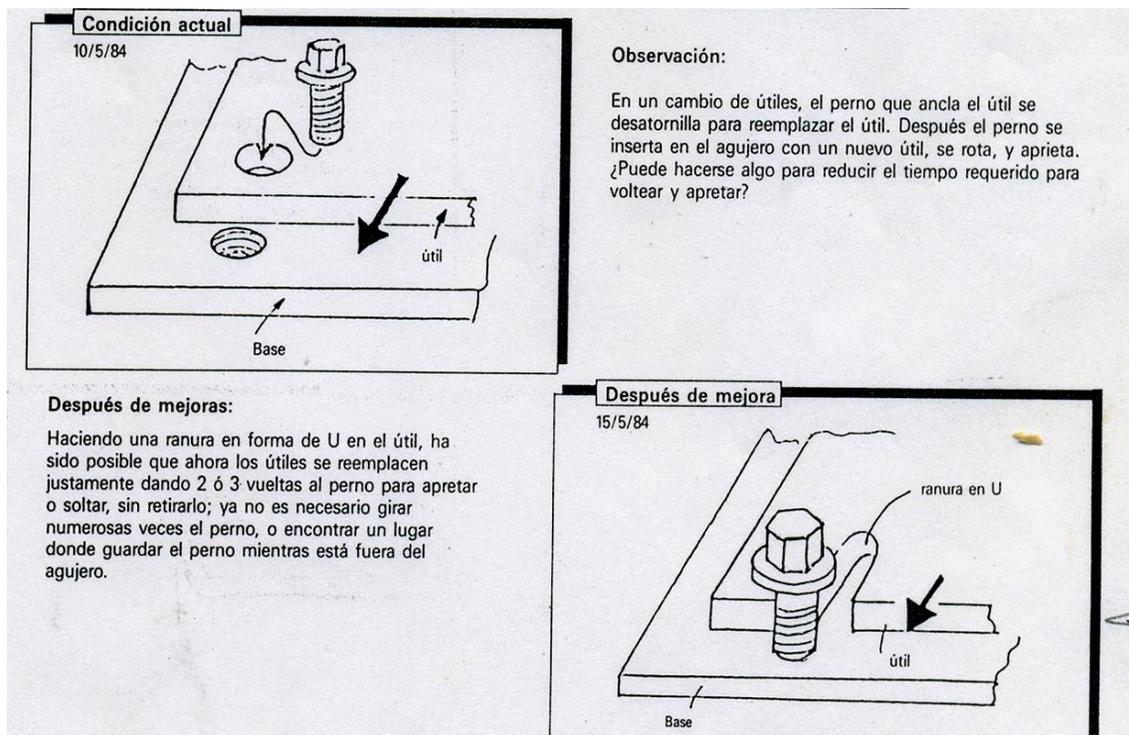


Ilustración 11: Ejemplo de Sobreprocesamiento tomado de (Sugiyama, 1989, p. 158)

Este desperdicio es quizá el desperdicio más difícil de eliminar, puesto que además de desarrollar una transformación en el producto, se puede ocultar como un proceso valioso, es decir, creerse que es esencial para el proceso y para reducirlo es necesario eliminar elementos innecesarios del trabajo mismo, sin embargo, se debe analizar minuciosamente el proceso para identificar o determinar las actividades que no son requeridas o son ineficientes, o

simplemente, usar la creatividad y la intuición para encontrar las mejoras en el proceso y trabajar estrictamente con lo necesario.

La forma más común de negación de este desperdicio en la industria es la necesidad de procesos alternativos en caso de que ocurra alguna situación particular o reacción ante cualquier eventualidad, por lo que este desperdicio incrementa constantemente al haber fallos de máquina, defectos, mal mantenimiento, falta de adaptación y falta flexibilidad tanto de los procesos como de máquinas generando procedimientos adicionales, es decir, sobreprocesamiento.

Este desperdicio puede permanecer oculto, porque no es fácil identificar que el proceso puede ser mejorado o que existen tanto formas como medios para llevar a cabo cada actividad de forma más eficiente y amigable, las cuales pueden implicar modificación de la tecnología, cambio de procedimientos e instrucciones de trabajo, capacitaciones, entre otras mejoras que en algunas empresas no son consideradas puesto que requieren múltiples cambios, recursos y gastos adicionales, tanto que prefieren omitir este desperdicio y simplemente aceptarlo como parte del proceso.

Es frecuente que el sobreprocesamiento pueda ser causado por problemas de comunicación entre el departamento de ingeniería y la parte operativa, dado que si cualquiera de las partes hace modificaciones al proceso que no son informadas a la otra parte, se genera una serie de redundancias en el proceso que no pueden ser modificadas hasta que se realice un análisis de operaciones. De la misma forma, cuando las características o el diseño del producto sea modificado bien sea por políticas de la empresa o por el cliente, el proceso debe ser adaptado lo que en muchos casos genera procesos redundantes o adicionales dado que no se hace una mejora de todo el proceso, solo se agregan operaciones o se modifican algunas para obtener el nuevo producto, por lo que se considera como un factor generador de este desperdicio.

Lo ideal para evitar este desperdicio, sería encontrar la relación adecuada entre proceso, producto, personal y equipo, es decir, obtener un proceso adecuado para producir con el equipo y el personal adecuado el producto deseado; sin embargo, en la mayoría de las industrias se adaptan los procesos a la tecnología existente para desarrollar el producto lo más ajustado a los requisitos del cliente, lo que ocasiona que este desperdicio incremente, porque la tecnología no es adecuada, porque el proceso o los instructivos de trabajo están mal diseñados y generan más procedimientos de los requeridos que no pueden ser adaptados conjuntamente a las necesidades del cliente, generando así pérdidas de tiempo e incremento de los costos.

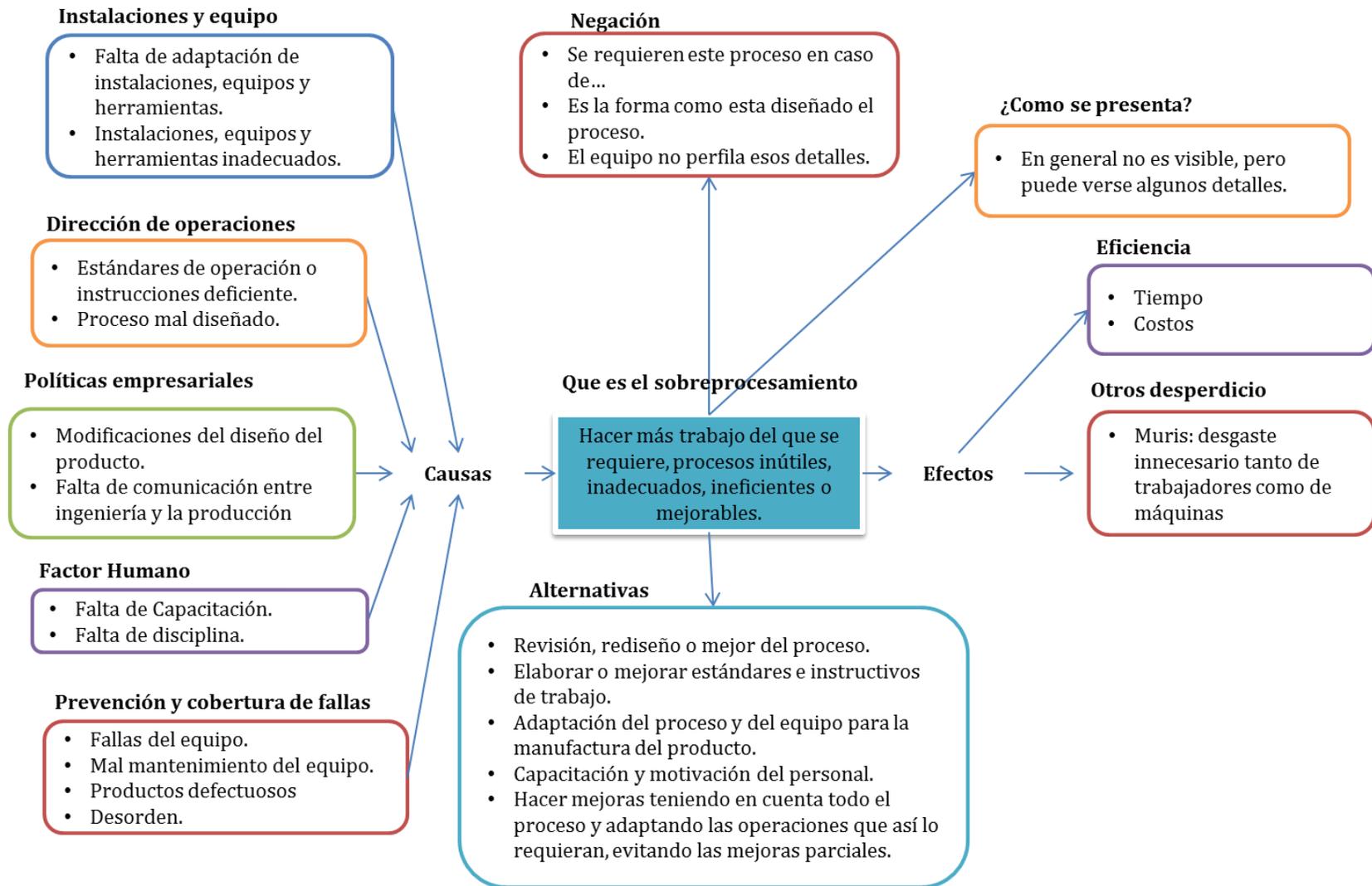


Ilustración 12: Sobreprocesamiento

El inventario:

Es todo el material, partes, insumos, productos procesados o terminados que se encuentran estancados en espera de ser procesados o vendidos y pueden estar en la línea de producción o en los almacenes, los cuales requieren actividades como manejo, gestión, coordinación, control y mantenimiento del inventario que son innecesarias para la empresa, y que resultan un desperdicio.

Sin embargo, el inventario en muchos casos no se reconoce como desperdicio, porque es material, partes o productos terminados considerados en las empresas como activos necesarios para el proceso, que pueden ser requeridos en cualquier momento en la producción en caso de algún inconveniente o por la demanda inesperada, por lo que son aceptados como una necesidad de la empresa para responder de la mejor manera al comportamiento del mercado y a los requerimientos del proceso. A pesar de estas múltiples razones que justifican la presencia del inventario en los procesos productivos, este es considerado como **el peor de todos los desperdicios** (Araújo, 2011; Martí O. & Torrubiano G., 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010) puesto que logra ocultar las fallas o desperdicios existentes en la empresa.

Para explicar con más detalle porque es considerado con tan dura denominación, en la familia de los desperdicios, a continuación se detallara la relación existente entre los inventarios y los problemas de la empresa, la cual es fundamental para desarrollar una correcta eliminación de los desperdicios y así mejorar los procesos.

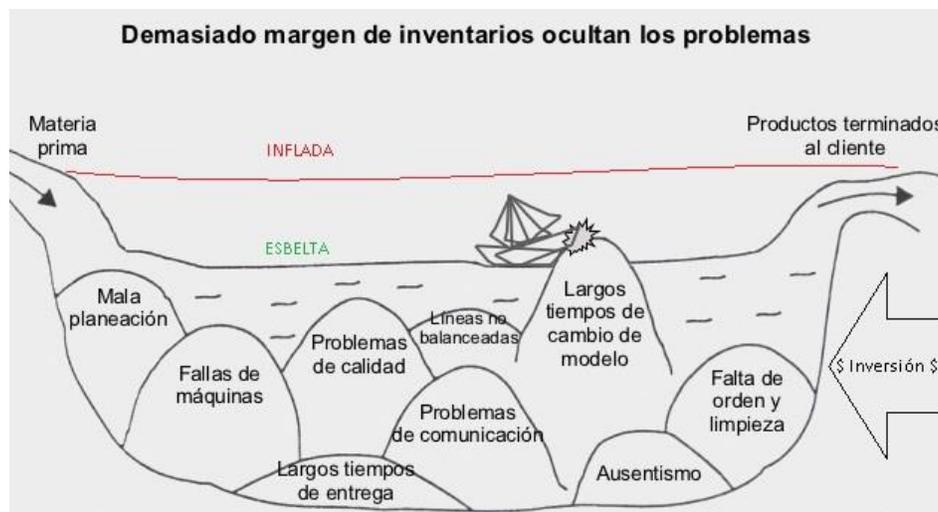


Ilustración 13: Relación entre Inventarios y Problemas tomado de (Los 7 desperdicios, 2012)

Como ya se mencionó, la primera forma de ocultar este desperdicio es considerándolo como activos en la empresa, los cuales requieren recursos para su manejo, espacios, instalaciones, personal, sistemas de información, seguros, entre otros, que generan sobre costo en la producción y que no son visibles ante los resultados financieros de la empresa, de tal forma que oculta todos los gastos asociados sin dejar ver la magnitud perdida por este hecho.

La segunda relación más evidente es, entre los inventarios y la calidad del producto, puesto que este desperdicio genera pérdidas en existencias por deterioro u obsolescencia y daños en el transcurso del almacenamiento. A medida que crece el inventario va incrementando el nivel de control y manejo necesario, por lo que se requiere que la empresa invierta más y controle más, sin embargo, con el transcurrir del tiempo y dado el ambiente cambiante en el que las empresas están operando, los inventarios se vuelven obsoletos con facilidad, y quizá no hay nada peor para una empresa que tener una gran cantidad de productos equivocados o deteriorados que nunca se van a poder vender y que, de una u otra manera representarán una pérdida considerable para la empresa.

De manera semejante, se podría identificar infinitas relaciones entre los inventarios y los problemas en la producción, tales como: fallos de máquina, pérdida de tiempo, esperas de operarios y máquinas, defectos, ausentismo y fallos en la programación, que con un buen nivel de inventario podría cubrir los inconvenientes de la fábrica, puesto que los productos disponibles en el almacén, en etapas anteriores o posteriores permiten que el proceso siga de forma natural en la empresa mientras se supera el problema imprevisto, así como lo muestra la Ilustración 13, a medida que se reduce el inventario se empiezan a ver los problemas, pero mientras se tenga un nivel suficiente de inventario dichos problemas permanecerán ocultos y la empresa parecerá funcionar plenamente.

De tal forma que entender este comportamiento entre inventarios y problemas se vuelve decisivo para garantizar el éxito de la implementación Lean y de la eliminación de desperdicios, dado que es imposible, eliminar los inventarios de forma radical sin corregir a la par o anticipadamente todos los problemas ya mencionados.

Esta idea de cubrir algún problema con una solución momentánea, como son los inventarios, es la justificación más conocida de este desperdicio, ya que a pesar de ser los causantes de sobre costo en manejo, manipulación, espacio requerido, transportes, recuperación en caso de daños e incrementan los problemas, la industria sigue manteniendo inventarios en el proceso. De tal forma que el inventario se comporta como un gran colchón que amortigua todos los demás desperdicios y otros problemas en la fábrica evitando que el proceso productivo se vea afectado o falle, a cambio de un alto costo por el manejo de los mismos y el descontrol de todos los problemas existentes.

A pesar que podría pensarse que los otros problemas ya mencionados son las principales causas generadoras de este desperdicio, por análisis previo se ha expresado que la sobreproducción es el causante de inventarios, dado que al tener instalaciones o capacidad excesiva es frecuente generar productos y por ende este desperdicio. También existen otros factores que influyen en la generación de inventarios como son la falta de sincronización entre procesos, el desbalance de línea, la presencia de cuellos de botella, largos tiempos de ajuste o preparación de máquina y principalmente una mala coordinación y programación de producción, los cuales impiden que el proceso fluya con normalidad dado espacio para que surjan inventarios en proceso y se acumulen existencias innecesarias.

La demanda también se vuelve un factor determinante para la aparición o no de inventarios dado que es incontrolable y además cambiante, por lo que no se puede prever la cantidad exacta de productos que se requerirá, ocasionando que en momentos haya escases y en otras exceso de inventarios, sin embargo debe manejarse un buen pronóstico para evitar generar este desperdicio.

Dada la naturaleza de los inventarios y los análisis mostrados anteriormente, se vuelven casi evidentes los efectos que ocasionan los inventarios en la fábrica, como son la generación de costos de inversión adicionales en espacios, instalaciones, equipos, sistemas de información, personal para la gestión de inventarios y gastos en seguros, salvaguardas, obtención y manejo de información sobre ellos, administración, inspecciones de calidad, auditorias, prevención y control de daños, productos obsoletos o golpeados durante el traslado y la acomodación que representan múltiples pérdidas de tiempo, calidad y dinero, generando además otros desperdicios como sobreprocesamiento (todos los procesos adicionales para el manejo de inventarios), transportes, defectos y esperas.

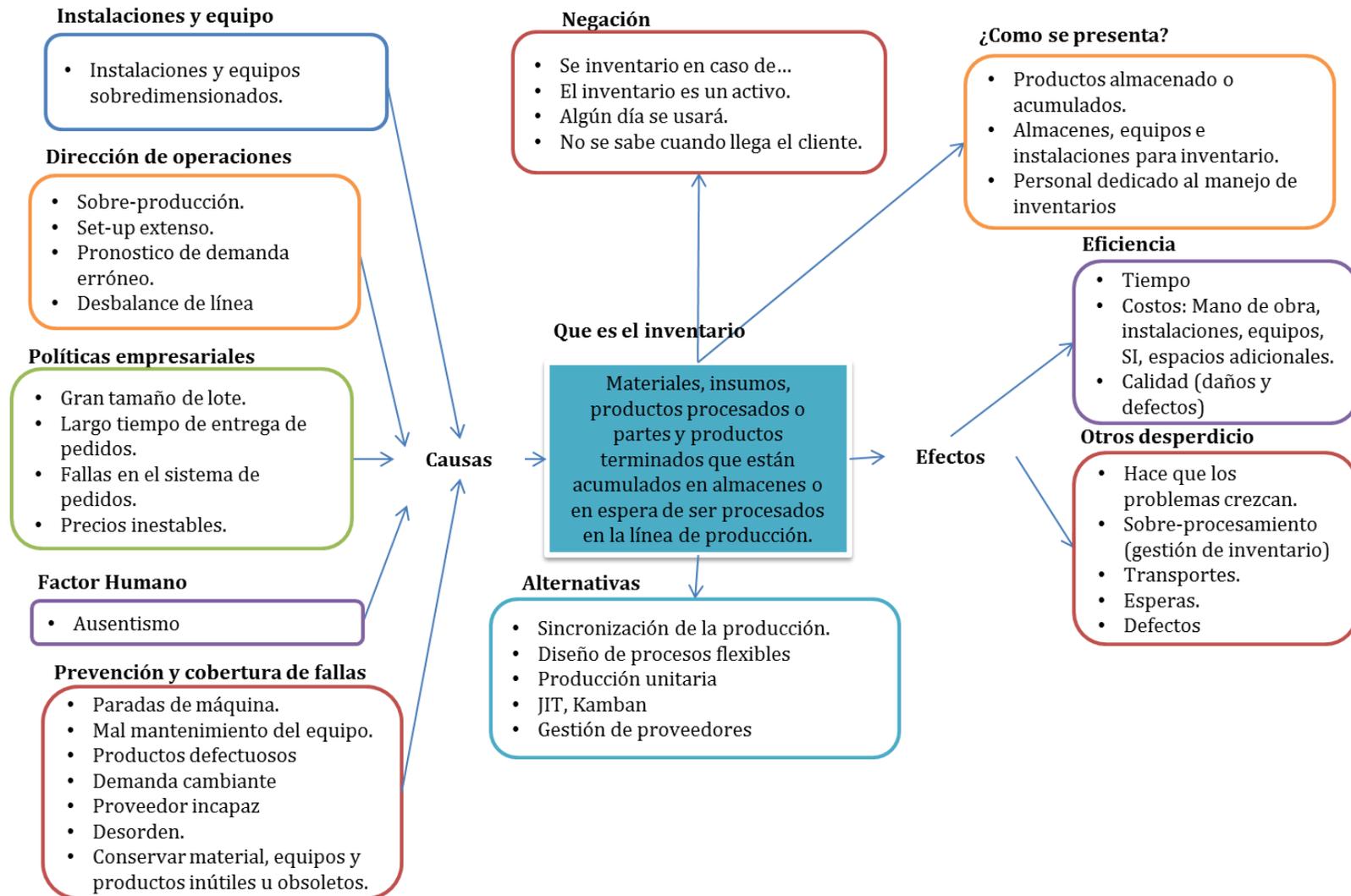


Ilustración 14: Inventarios

La relación que se ha mencionado sobre los inventarios y los problemas en los procesos de producción se puede generalizar a los demás desperdicios, ya que las múltiples situaciones que afectan el comportamiento de la empresa se relacionan directamente con los desperdicios, bien sea porque los generan o los incrementan y por esta razón se vuelve fundamental el entendimiento de estas relaciones con el fin de iniciar la eliminación de desperdicios y la mejora de procesos.

Para ello, ha servido de guía Rene T. Domingo en su artículo *Down With Inventory* (Domingo, 2003a), que explica la forma adecuada para eliminar los desperdicios, la cual no debe empezar con la reducción de los mismos. Él considera que es primordial iniciar reconociendo, corrigiendo o eliminando las múltiples excusas que existen en el proceso para mantener ciertos desperdicios, para posteriormente atacar los problemas que los están causando u ocultando los desperdicios.

De esta forma, se concluye que conociendo los diferentes desperdicios y sus causas, la manera de proceder para su eliminación es identificar las relaciones existentes entre ellos para saber cómo mejorar los procesos de forma progresiva y efectiva, lo que permitirá identificar los puntos de mejora en el proceso para obtener una eliminación definitiva del desperdicio.

CAPÍTULO 3: RELACIONES CAUSALES ENTRE DESPERDICIOS

Partiendo de las descripciones hechas para cada uno de los desperdicios desde los diferentes puntos de vista, relacionados con la identificación de causas y efectos, surgen las primeras relaciones entre los desperdicios, las cuales muestran como los desperdicios se comportan como un sistema dentro de la organización y tienen una relación en cadena de hechos desafortunados, que perjudican profundamente a la organización. Dado este hecho, es preciso resaltar las relaciones que existen entre desperdicios y causas que permitan posteriormente, mejorar el proceso e implementar mejoras encaminadas a la reducción o eliminación, no solo de uno sino de varios desperdicios.

Cuando se analizó cada desperdicio desde las causas y consecuencias, se mostraron los posibles factores causales de la generación de los desperdicios de allí, surgen fuentes comunes que generan desperdicios, por tal motivo este capítulo presentara las relaciones existentes entre desperdicios y las principales relaciones causales que darán una visión amplia de las mejores formas de eliminar el desperdicio desde la causa raíz.

Inicialmente se presentarán las relaciones entre desperdicios, las cuales muestran cómo se interrelacionan los desperdicios en la industria, para posteriormente, identificar las causas raíz de los desperdicios, basados en los grupos de causas determinados en el Capítulo 2, como son:

1. Las que se atribuyen a las instalaciones y los equipos.
2. Las que están relacionadas con la dirección de operaciones.
3. Las que se surgen dadas las políticas de la empresa.
4. Las que dependen directamente del factor humano y finalmente,
5. Las que pueden ser ocasionadas por falta de prevención o cobertura de fallas.

Relaciones entre desperdicios

Siguiendo la idea principal de este capítulo, en primera instancia es pertinente mostrar las relaciones entre los desperdicios, dado que en la actualidad se conocen sólo como un conjunto de 7 distintos desperdicios inconexos y se requiere ser consciente de los efectos que tienen los desperdicios y así, poder hacer una mejora en cadena de los mismos.

Como se mencionó durante la caracterización de los desperdicios, la sobreproducción es **la madre de todos los males**, este desperdicio es el generador del más visible y contable de los desperdicios, los inventarios, que a su vez son la principal fuente de problemas en las industrias, porque funcionan como un colchón que permite que la producción fluya a pesar de los problemas presentes y no permite que las mejoras cumplan su función.

De esta forma, en segunda instancia ubicamos a los inventarios que a su vez tienen una relación bidireccional con los defectos, puesto que los materiales o productos que se almacenan tienen mayor tasa de obsolescencia, daños o golpes, además los defectos son

almacenados generando inventarios. Posteriormente, encontramos los transportes que se incrementan al existir mayores cantidades de producto, puesto que se debe transportar más.

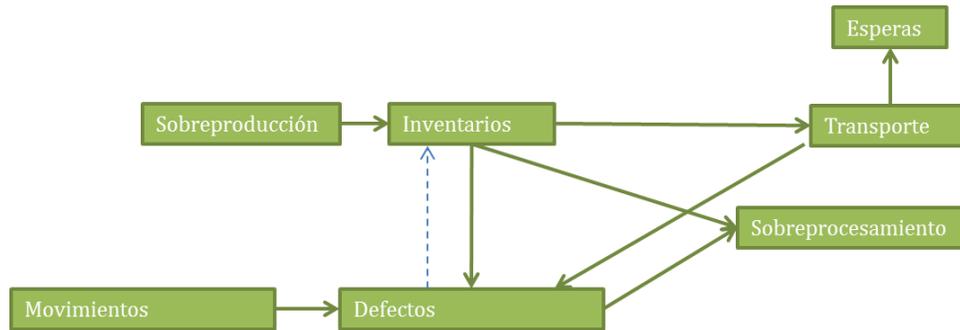


Ilustración 15: Relación entre Desperdicios

Continuando, con las demás relaciones halladas y representadas en la Ilustración 15, se puede mencionar que los transportes son generadores de esperas, ya que al incrementar los transportes o los tiempos de transporte se desperdicia tiempo-maquina o tiempo-operario que debería ser usado para el procesamiento, por otra parte, este desperdicio a su vez puede generar defectos, dado el alto riesgo al que se expone un producto cuando se transporta de un lugar a otro.

De forma similar, surge la relación entre movimientos y defectos, dado que los desplazamientos del trabajador tanto en la planta como en el lugar de trabajo por mala planeación del manejo de herramientas o materiales pueden causar daño a piezas y generar la relación entre movimientos y defectos.

Finalmente, una relación casi directa y fácil de identificar es entre defectos y sobreprocesamiento, dado que combatir los defectos las empresas crean procesos de inspección y recuperación de piezas, por lo que se incurre directamente en la creación de procesos innecesarios para la consecución del bien final, es decir, un desperdicio.

Relaciones Causales

Con las relaciones mencionadas, podemos detectar que al corregir uno o varios de los desperdicios automáticamente se va disminuyendo otro u otros desperdicios, es necesario considerar las relaciones causales para obtener una mejora sustancial, en vez de atacar o reducirlos directamente. Por tal motivo, y con base en las causas encontradas para cada desperdicio, se ha podido determinar problemas que contribuyen directamente a la generación del desperdicio como: la ubicación de las estaciones de trabajo, los fallos de máquina, la desorganización y el mal diseño de procesos, los cuales pueden ser reducidos, mejorados o eliminados y así, lograr la eliminación del desperdicio.

Estos problemas se clasifican en 4 grupos:

1. **Planeación de la Producción:** esta categoría de problemas está relacionada con balanceo de líneas, tiempos de alistamiento, estándares de producción, pronósticos,

políticas sobre aprovisionamiento, la programación de los lotes de producción y todo lo referente o necesario para la planeación de la producción.

2. **Prevención y cobertura de fallas:** esta categoría contiene todas las posibles fallas o inconvenientes en el proceso productivo tales como: daños o fallos de máquina, posibles errores humanos, cambios de demanda, incumplimiento del aprovisionamiento y los problemas de calidad, los cuales están fuertemente relacionados dado que se requiere un plan de acción para tales situaciones impredecibles e inesperadas.
3. **Procesos, distribución en planta y desorganización:** esta categoría se compone de todos aquellos problemas que se pueden relacionar directamente con la distribución en planta, con la planeación o funcionamiento de procesos, es decir, diseño de rutas, instructivos, puesto de trabajo, estructura de operaciones, métodos y formas de operar, y desorganización tanto en planta como a nivel de puesto de trabajo.
4. **Políticas empresariales:** en esta clasificación se unen todas las políticas, disposiciones o acuerdos a los que se llega con proveedores, clientes o entre directivos para el manejo de la producción, entre los cuales se pueden destacar el tamaño de lote, los tiempos de alistamiento, reuniones, manejo de estándares de producción, entre otras.

Estas 4 categorías relacionan las causas encontradas y los desperdicios, para facilitar la detección de puntos de mejora.

Planeación de producción

Los problemas relacionados con la programación de producción afectan directamente a la sobreproducción por ende a los inventarios y a los desperdicios con los que se relacionan fuertemente, en este caso los transportes, las esperas y sobreprocesamiento.

Como se muestra en la Ilustración 16, la relación entre estos desperdicios y los problemas de planeación de producción es muy fuerte y se requiere una atención primordial a estos problemas antes de pensar en corregir los desperdicios.

Para entender la Ilustración 16, se van especificar las relaciones halladas por medio de situaciones observadas en las empresas.

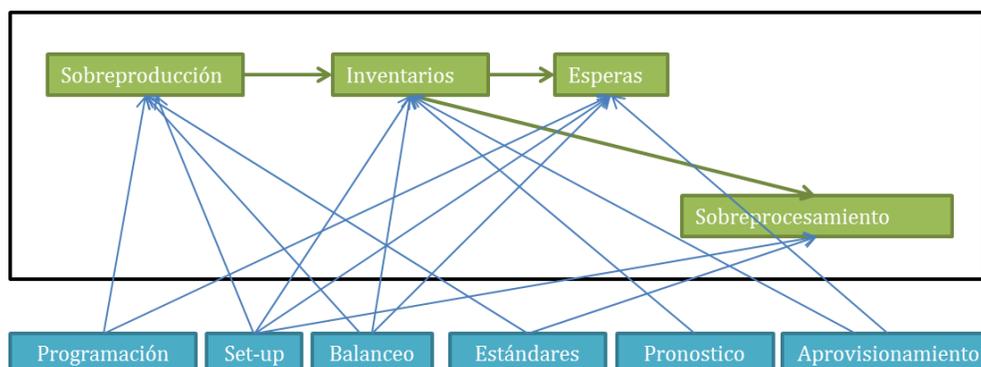


Ilustración 16: Relación Problemas de Planeación de Producción y Desperdicios

Cuando en una empresa hay fallas en la programación de producción, por ejemplo, programar mayor cantidad de la requerida entonces se empiezan a generar inventarios o si hay desbalance de línea entonces surgen inventarios y esperas. Por otra parte, si hay estándares de producción inadecuados entonces se genera la sobreproducción, y por las relaciones antes mencionadas en cadena surgen inventarios, defectos, transportes y esperas. Así, se logra ver como esta cadena de causas y efectos va incrementando y perjudicando más y más a la organización.

Esta relación de desperdicios con temas de planeación de producción nos conduce a la primera forma de eliminación del desperdicio atacando las causas (en este caso, los problemas en planeación de producción) lo que disminuye la cantidad de desperdicios generados y puede llegar a eliminarlos.

Para eliminarlos, se requiere superar los problemas en esta área, los cuales pueden ser corregidos a partir de las técnicas de Lean Manufacturing, tales como: Heijunka, Kamban, SMED y Justo a Tiempo, solo que el analista de procesos debe identificar cual es la que más adecuada al problema que desea corregir, y debe tener en cuenta los estándares de producción y los pronósticos de la demanda, para evitar incrementar los desperdicios en la producción.

Tabla 1: Relación entre Técnicas y Problemas de Planeación de Producción

Técnica	Descripción	Relación
Kamban	Sistema de Control y Programación sincronizada de la producción	Problemas de planeación y programación de producción
Justo a Tiempo	Tener la pieza correcta en el momento y cantidad correcta.	
Heijunka	Es una forma de planificar y nivelar la demanda según el volumen y la variedad, dividiendo el tiempo de producción para cumplir con los pedidos.	
SMED	Cambio Rápido de Herramienta con el fin de reducir el tiempo de cambio.	

Elaboración propia, basada en conceptos de (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010)

Prevención y cobertura de fallas

Por otra parte, en la segunda categoría se encuentran los problemas de prevención o la cobertura de fallas, estos son difíciles de predecir en la producción y se caracterizan por que en su conjunto son fuentes generadoras de inventarios, que sirven como reservas para combatir las fallas del proceso.

Esta categoría de problemas por otra parte también se relaciona con la generación de defectos y por ende de sobreprocesamiento dado que todos los fallos recaen directamente sobre un producto dañado o sobre un producto sin procesar y esto genera actividades adicionales para recuperar o reparar los inventarios y los defectos generados por dichos problemas, como se muestra en la Ilustración 17.

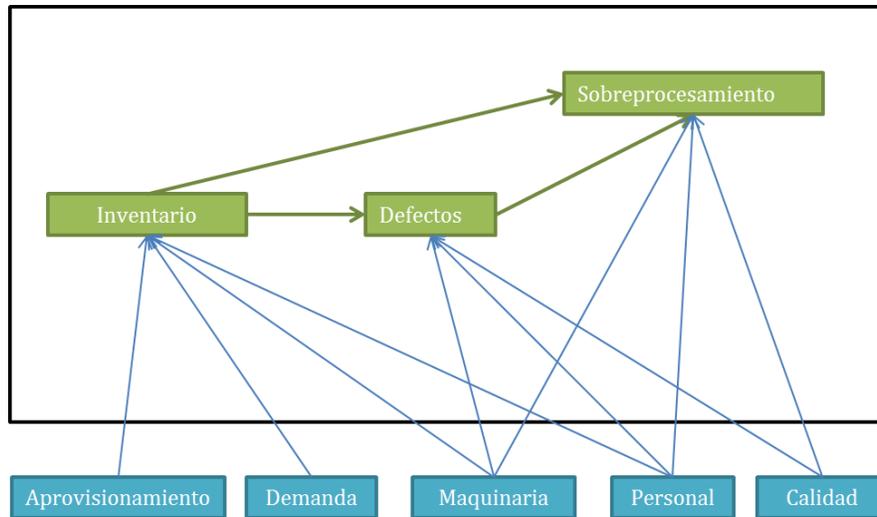


Ilustración 17: Relación entre Imprevistos y Desperdicios

De esta relación surge de inmediato la forma de reducir y eliminar los desperdicios mencionados (inventario, defectos y sobreprocesamiento), ya que al corregir, solucionar o prevenir los imprevistos, se reduce directamente la necesidad de las reservas, por lo tanto se minimiza la cantidad requerida de inventarios y con ello los desperdicios relacionados.

Para tal fin se requieren ajustes en la línea de producción que eviten o minimicen los daños de máquina, los fallos de calidad, los problemas en el abastecimiento, la ausencia o errores del personal y los malos pronósticos de la demanda, apoyados en el buen uso de técnicas como: Poka Yoke, MPT, Andón, Control Visual y Jidoka, al igual que capacitaciones y estandarización, para prevenir las fallas causadas por errores humanos.

Tabla 2: Relación entre Técnicas y Problemas de Prevención y Cobertura de Fallas

Técnica	Descripción	Relación
Poka Yoke	Dispositivos anti error, que impiden la producción de defectos causados por el ser humano cuando comente errores en las labores que desarrolla en su puesto de trabajo, bloqueando o deteniendo el proceso en caso de falla.	Problemas de Prevención y Cobertura de Fallas
MPT	El un conjunto de actividades incluido el seguimiento dirigidas a la prevención de fallos en las máquinas por medio de mantenimiento preventivos y correctivos.	
Andón	Es el sistema de señales que permite mostrar el estado en el que se encuentra la maquina (funcionando, parada, atorada, etc.)	
Jidoka	Incorporar sistemas y dispositivos que permiten que las máquinas detecten los errores e informen del fallo al operario encargado.	
Calidad Total	Compromiso de la empresa dirigido a hacer las cosas bien a la primera vez, para obtener piezas	

Técnica	Descripción	Relación
	buenas en todas las estaciones de trabajo hasta llegar al cliente	
Círculos de Calidad	Grupo compuesto de un pequeño grupo de empleados, que efectúa actividades para la mejora de la calidad en su área de trabajo	
Estandarización	Busca elaborar instrucciones de trabajo precisas, que muestren el mejor método para desarrollar las actividades	

Elaboración propia, basada en conceptos de (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010)

Procesos, distribución en planta y desorganización

En esta categoría se encuentran problemas relacionados con el diseño del proceso y puesto de trabajo, la estructura y el método de trabajo, la distribución en planta, la planeación de rutas y recorridos, y todo lo relacionado directamente con el diseño y desarrollo del proceso, los cuales tienen influencia directa sobre los movimientos dado que el método de trabajo y el puesto de trabajo determinan las actividades y desplazamientos que debe hacer el trabajador de tal forma que es considerado como un generador potencial de este desperdicio.

Por otra parte, los transportes los cuales son determinados por la organización de la planta (puestos de trabajo, almacenes, baños, estantes, herramientas, etc.) y el diseño de rutas también son generados por estos problemas y son los causantes incluso de desgastes en personal y de deterioro de piezas por el transporte.

Similarmente, el sobreprocesamiento es causado por un método de trabajo ineficiente o inapropiado, instructivos o puestos de trabajo inadecuados y como consecuencia de las relaciones existentes entre desperdicios, esta categoría resulta causante de defectos y esperas en la línea de producción, como se observa en la Ilustración 18.

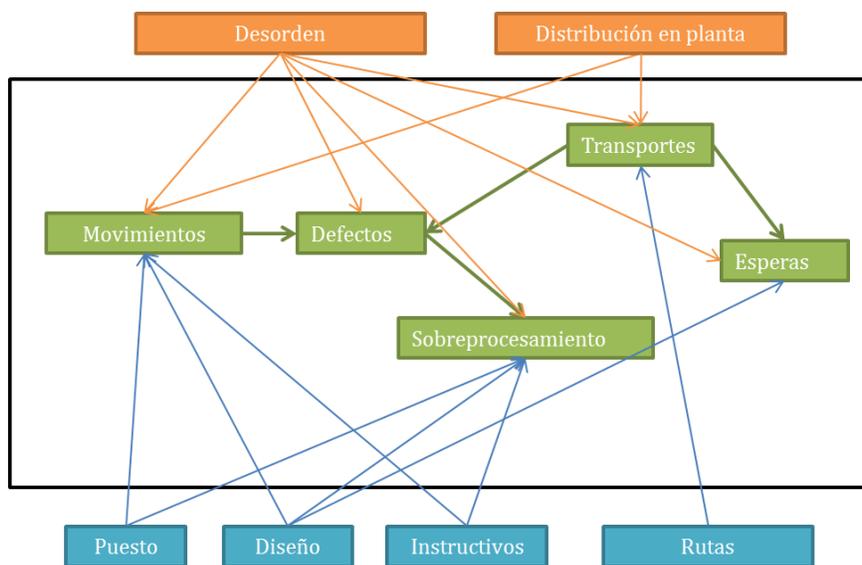


Ilustración 18: Relación entre Problemas en Procesos y Desperdicios

Esta forma de categorizar los problemas permite identificar los problemas que deben ser atacados, con el fin de minimizar o eliminar el desperdicio, para este caso, se requiere hacer un análisis y mejora de proceso (modificando el diseño del proceso, el puesto, los instructivos, las rutas e incluso la distribución en la planta) de tal forma que optimice y elimine los desperdicios que se están generando con los métodos de trabajo actuales.

Para eliminar este tipo de problemas se requiere un análisis de operaciones, mucha creatividad, herramientas de optimización de rutas en planta y la integración adecuada del proceso con el producto y el equipo.

Tabla 3: Relación entre Técnicas y Problemas en Procesos

Técnica	Descripción	Relación
Estandarización	Busca elaborar instrucciones de trabajo precisas, que muestren el mejor método para desarrollar las actividades	Problemas de Procesos
Celdas de Manufactura	Disposición del maquinaria, personas y herramientas para el desarrollo del proceso, en forma continua, secuencial y posiblemente en forma de U.	
Sistema Pull	Es cuando se logra el que proceso hale el material, es decir cada estación debe pedir el material que requiere para cumplir con la demanda.	
Polivalencia de operarios	Es una capacidad que puede desarrollarse en los trabajadores para que puedan desempeñar labores de varios puestos de trabajo.	
Mapeo de proceso	Herramienta gráfica para el análisis de proceso, donde se muestran la secuencia de operaciones, los insumos, los productos, los puestos de trabajo, el flujo del material e información.	
5s	Es usada para mejorar las Condiciones del trabajo, a través de la organización clasificación, limpieza y orden del lugar de trabajo.	Problemas de Desorganización

Elaboración propia, basada en conceptos de (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010)

Políticas Empresariales

Esta categoría representa a todos aquellos problemas en la línea de producción que son causados por las políticas definidas por la empresa, algunas de ellas se pueden relacionar con tamaños de lote, alistamientos de máquina, estándares de producción y de abastecimiento que son generadores de inventarios. Por ejemplo, si se define un lote de producción y la demanda es cambiante o si el estándar de trabajo es mayor a la cantidad requerida por el cliente se generan inventarios; de manera similar, las políticas definidas de alistamiento de máquina, como preparación de máquina cada semana, generan que se deba acumular inventario, mientras es alistado el lote y la maquinaria para la producción.

De tal forma que todas las relaciones entre desperdicios y problemas en las políticas de la empresa son presentadas en la Ilustración 19.

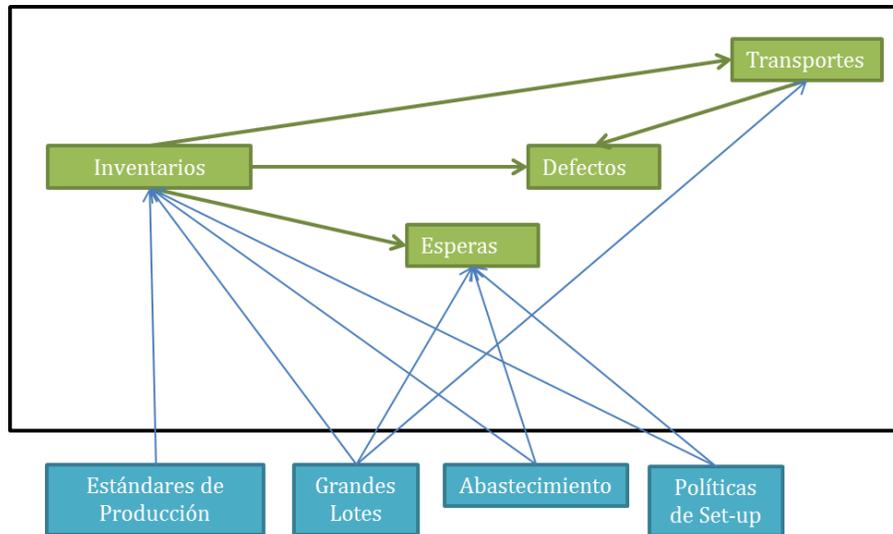


Ilustración 19: Relación entre Políticas Empresariales y Desperdicios

Esta categoría de problemas es la más difícil de corregir, puesto que depende de la gerencia de la empresa, de los acuerdos comerciales que se tengan con clientes y proveedores, e implica unos buenos niveles de negociación para obtener las condiciones necesarias para que la producción no se vea forzada a mantener altos niveles de inventario y generar los demás desperdicios por tales políticas. Para corregir estos problemas se propone el manejo de buenas relaciones y estrategias empresariales, acompañado con la plena disposición de la dirección de la empresa hacia la mejora de procesos y la eliminación del desperdicio.

Tabla 4: Relación entre Técnicas y Políticas Empresariales

Técnica	Descripción	Relación
Flujo continuo pieza a pieza	Es adaptar la producción a un flujo continuo pieza a pieza,	Políticas empresariales
SMED	Cambio Rápido de Herramienta con el fin de reducir el tiempo de cambio de lote.	
Gestión de proveedores	Es un plan continuo y permanente de búsqueda, selección y evaluación de proveedores, con el fin de obtener las mejores condiciones para los insumos y materias primas necesarias para el buen funcionamiento de la organización	

Elaboración propia, basada en conceptos de (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010)

Finalmente es importante destacar que las técnicas aquí mencionadas se encuentran explícitas en las referencia de literatura Lean de la tesis y dado que el enfoque principal de esta tesis es desarrollar el proceso de identificación de desperdicios, se dejará a manos del lector la concepción y comprensión de las diferentes técnicas aplicables, lo fundamental en esta sección es que la forma de eliminar el desperdicio es atacar los problemas que lo están causando y una vez identificada la relación entre desperdicio-problema será más fácil, para el analista, identificar la técnica o método a seguir para resolver los problemas productivos hallados.

CAPÍTULO 4: MAPEO DE PROCESOS Y LOS 7 DESPERDICIOS

“La perfección se alcanza, no cuando no hay nada más que añadir, sino cuando ya no queda nada más que quitar”

Antonie de Saint-Exupéry

Iniciamos este capítulo con esta frase que quizá es la más representativa del principio fundamental de Lean, *la eliminación de los desperdicios del proceso*, pero como bien lo dice *Antonie de Saint* para alcanzar la perfección se requiere eliminar todo aquello que no agrega valor, sin embargo, en los métodos y técnicas Lean no es muy claro cómo llegar hasta esta fase de eliminación y las formas de mapeo comúnmente usadas para tal fin no identifican mudas como movimientos, esperas y desplazamientos del trabajador (Rotta, Madera, Restrepo, Vanegas, & Parra, 2011), por lo cual en esta parte del trabajo se propone una la forma de identificar los desperdicios, siguiendo las etapas previas de caracterización y relaciones, para posteriormente identificar, medir y priorizar los desperdicios antes de llegar a esa eliminación.

Para tal fin se requiere hacer un análisis exhaustivo del proceso, dado que *“no se puede arreglar algo que no se sabe que está estropeado”* (Mark O., 2010), es decir, si no se estudia el proceso para encontrar los desperdicios, estos no podrán ser reducidos o eliminados y, el proceso nunca alcanzara la perfección. Este análisis exhaustivo del proceso se apoyara en las características ya mencionadas de los desperdicios, relacionadas con las formas de visualización o negación del mismo y en los métodos comunes de observación y mapeo de procesos dado que son la mejor forma de medir y cuantificar el comportamiento real de un proceso.

De acuerdo a este planteamiento, en este capítulo se desarrollará una propuesta para la identificación y medición de cada uno de los desperdicios, que posteriormente muestre un panorama general del estado de la empresa desde el punto de vista de los desperdicios; que le permita al analista identificar, medir y priorizar la eliminación del desperdicio basado principalmente en dos etapas:

1. **Observación directa en la planta con registro:** en la cual el analista de procesos hará un recorrido a la planta, mapeando los puntos en los que se encuentra el desperdicio y,
2. **Mapa del proceso:** en el cual el analista, basado en la observación preliminar y en el diagrama de proceso, registrará y cuantificará las mediciones realizadas en cada punto detectado durante la observación.

Estas dos etapas son fundamentales para la identificación y medición de los desperdicios y requieren conocimientos de diagramas y mapas de proceso, por lo que a continuación serán enumeradas las herramientas que serán utilizadas para tal fin.

En primera instancia, el mapeo del proceso es una visión general del proceso, este mapa permite visualizar su funcionamiento, la secuencia de las operaciones, describir las actividades, consignar mediciones del proceso y dado que se hace por medio de observación directa en la planta, permite obtener un comportamiento real del proceso incluso hasta llegar a detallar cada operación. Con este mapa también se puede descubrir las actividades que no funcionan bien o las que son inútiles, incluso medir el comportamiento de un estado futuro del proceso.

El mapa de procesos tiene una perspectiva macro que permite visualizar de manera amplia todo el proceso, distinguiendo principalmente 4 tipos de operaciones: las de valor añadido, las operaciones de control o inspección, los transportes y los inventarios, todas están enfocadas al seguimiento del material durante el proceso sin distinguir otros desperdicios como los movimientos, las esperas y desplazamientos del trabajador que requieren una visión más puntual a cada operación. Por lo cual se deben tener en cuenta otras herramientas que identifican las actividades que realiza el operario o la máquina y con ciertos ajustes el mapa de procesos podrá identificar los 7 desperdicios.

Esta tesis no busca explicar los métodos existentes de mapeo de procesos (Kanawaty, 1986), sino que relaciona dichos métodos con la identificación y eliminación de los desperdicios por lo que a continuación se describirán brevemente los tipos de mapeo que se requieren para identificar y medir desperdicios en los procesos, iniciando con el diagrama de procesos, pasando por las formas de mapeo más intuitivas y terminando con las más analíticas:

1. Diagrama de operaciones: es la secuenciación de las actividades que se realizan en el proceso, las cuales pueden ser representadas en cuadros o siguiendo la nomenclatura designada para cada tipo de actividad.

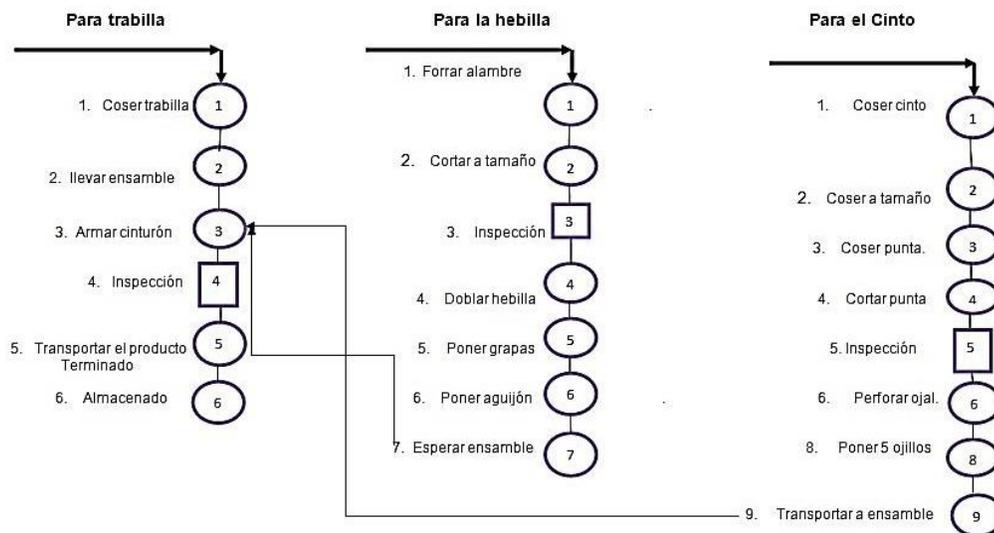


Ilustración 20: Diagrama de Operaciones tomado de (Ceballos Rivera, 2010)

2. Distribución en planta (layout de planta): es un plano que indica la disposición a escala de las estaciones de trabajo, máquinas, almacenes, oficinas, baños, pasillos, escaleras y demás espacios que se encuentran dentro de las instalaciones de producción.

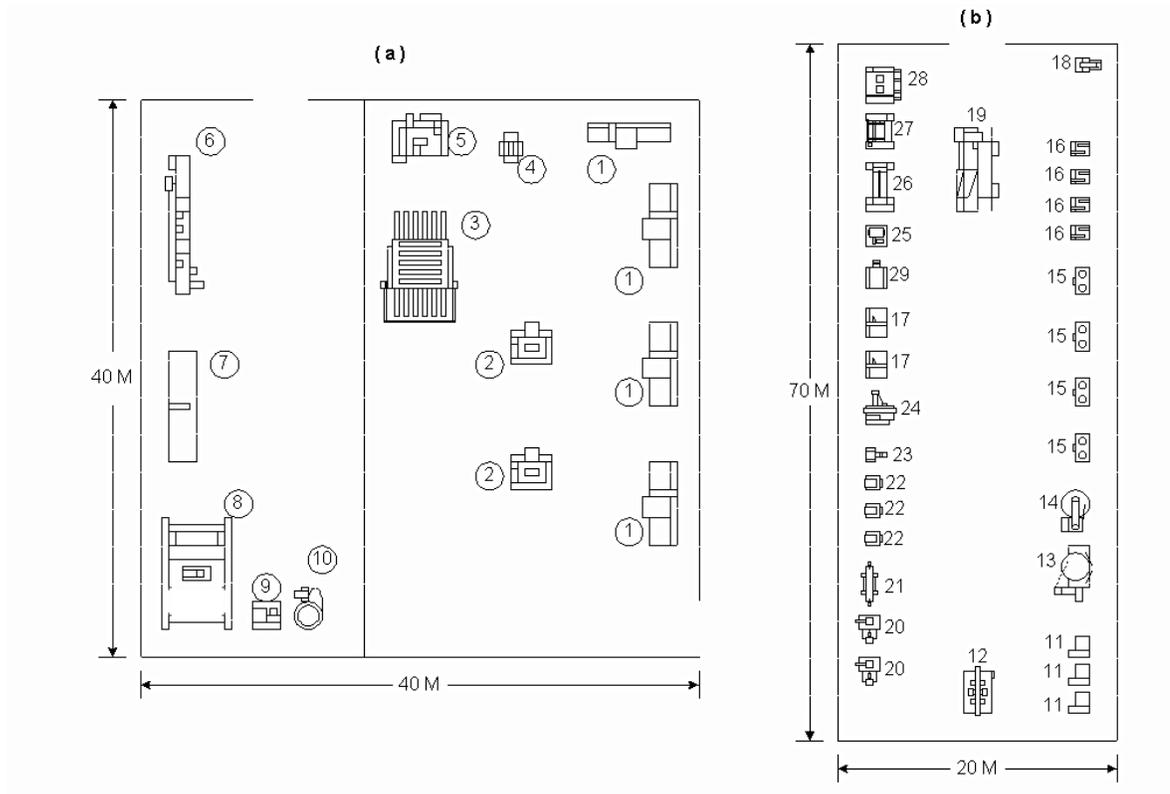


Ilustración 21: Distribución en Planta tomado de (Sugiyama, 1989, p. 158)

3. Diagrama de recorrido: contiene la distribución en planta del proceso y una línea que representa la trayectoria que sigue el material a través de la planta para ser transformado en las diferentes operaciones según la secuencia estipulada en el proceso, además se especifica el tipo de actividad que se realiza en cada parte de la planta por donde es movido el material.

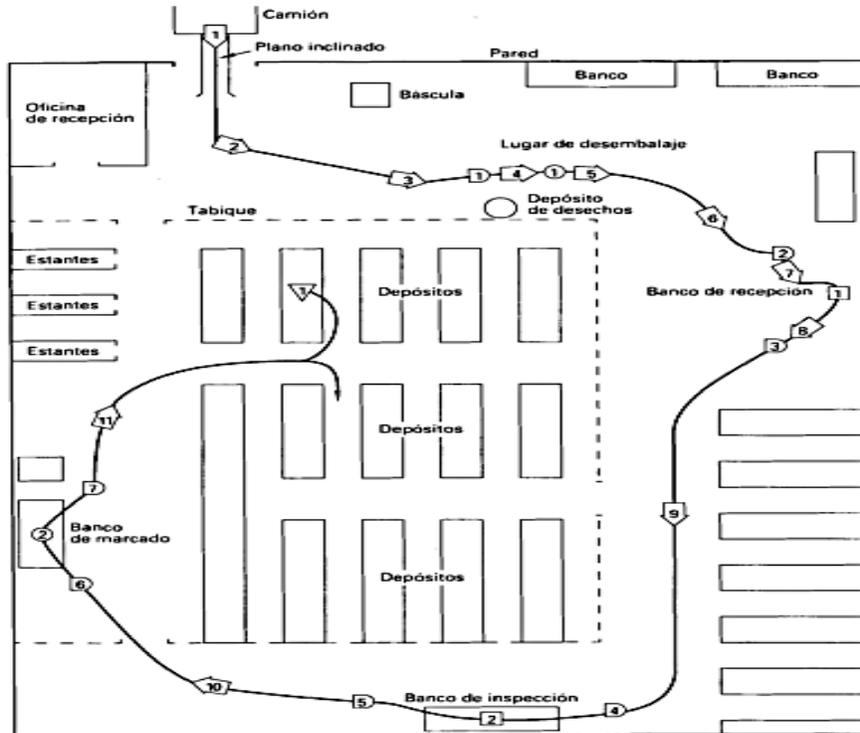


Ilustración 22: Diagrama de Recorrido tomado de (Sugiyama, 1989, p. 158)

4. Diagrama de Hilos: es un plano de distribución en planta que muestra los múltiples desplazamientos que hacen los trabajadores, cargando material, moviendo equipos, alcanzando herramientas y demás desplazamientos por la planta durante el proceso, el cual se caracteriza por ubicar los puntos de partida y llegada uniéndolos según el recorrido del trabajador que se asemeja a un hilo. Y la forma para desarrollarlo es seguir al trabajador en sus labores diarias y registrar todos los desplazamientos que realiza el trabajador a lo largo de la planta.

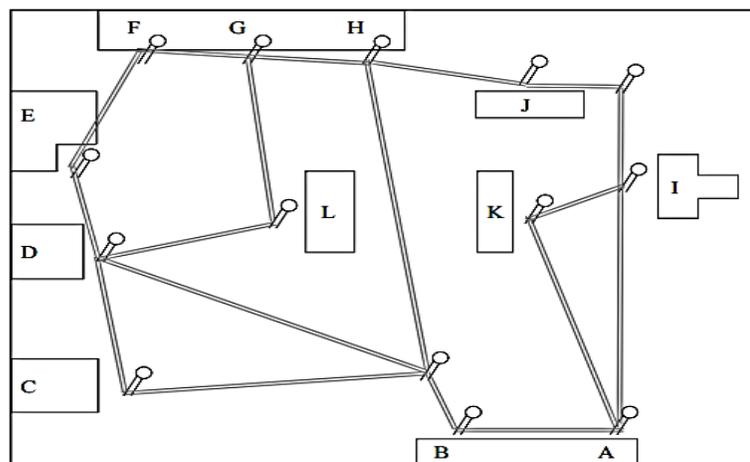


Ilustración 23: Diagrama de Hilos tomado de (Sugiyama, 1989, p. 158)

5. Cursograma analítico: (tanto de material como de operario) es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto, señalando la sucesión de actividades del proceso que requiere dicho producto, distinguiendo el tipo de actividad y midiendo el tiempo, cantidad de piezas o distancia recorrida en la misma, puede corresponder al movimiento de un operario o del material a nivel macro es decir, enumerando todas las operaciones que se realizan en un proceso o a nivel micro si se tienen en cuenta solo las actividades que componen una operación.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo				
Diagrama núm. 1 Hoja núm. 1 de 1		Resumen				
Objeto:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía	
Motores de autobús usados		Operación	4			
		Transporte	21			
		Espera	3			
		Inspección	1			
		Almacenamiento	1			
Actividad:			237,5			
Desmontar, limpiar y desengrasar antes de la inspección						
Método: Actual/Repuesto						
Lugar: Taller de desengrase		Tiempo (min.-hombre)				
Operario(s):	Ficha núm. 1234 571	Costo				
Compuesto:	Fecha:	Mano de obra				
Aprobado por:	Fecha:	Material				
		Total				
Descripción	Can-tidad	Dis-tancia (m)	Tiem-po (min.)	Símbolo		Observaciones
En almacén de motores usados	1	—	—	○	→	
Motor recogido						Con grúa eléctrica
Transportado hasta grúa siguiente		24				Con grúa eléctrica
Descargado en tierra						
Recogido						Con grúa eléctrica
Transportado hasta taller de desmontaje		30				Con grúa eléctrica
Descargado en tierra						
Desmontado						
Piezas principales limpiadas y extendidas						
Inspeccionado estado de las piezas; consignar lo observado						
Piezas llevadas a jaula de desengrase		3				
Cargadas para llevar a desengrasadora						
Transportadas hasta desengrasadora		1,5				Con grúa de mano
Descargadas en desengrasadora						
Desengrasadas						
Sacadas de desengrasadora						Con grúa de mano
Transportadas desde desengrasadora		6				Con grúa de mano
Descargadas en tierra						
Dejadas enfriar						
Transportadas hasta bancos de limpieza		12				A mano
Limpiadas a fondo						
Colocadas ya limpias en una caja		9				A mano
Esperar transporte						
Cargadas en carrillo las piezas salvo bloque y culatas de cilindros						
Transportadas hasta departamento de inspección de motores		76				En carrillo
Desengrasadas y extendidas en mesa						

Ilustración 24: Cursograma Analítico tomado de (Sugiyama, 1989, p. 158)

6. Diagrama bimanual: es un diagrama que consigna las actividades que realiza el operario en cada operación, con sus manos (extremidades) y que indica la relación entre ellas, este diagrama registra la secuencia de movimientos y descansos realizados por sus extremidades durante cada actividad que desarrolla en su puesto de trabajo.

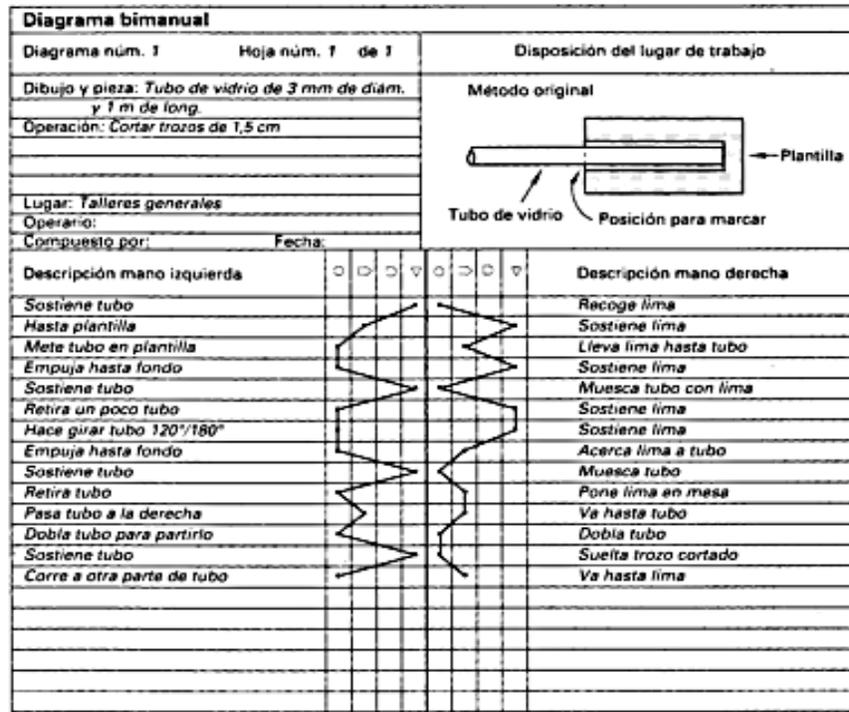


Ilustración 25: Diagrama Bimanual tomado de (Sugiyama, 1989, p. 158)

7. Diagrama de actividades múltiples (Máquina y operario): este diagrama sirve para representar en un mismo gráfico las actividades realizadas por una persona o una máquina respecto a otra (maquina o persona). En este diagrama se registran las actividades de varios objetos o personas según una escala de tiempo y evidencia fácilmente los tiempos de espera y la sincronización de los procesos, se usa para saber cuántas máquinas podrían atender un operario o grupo de operarios.

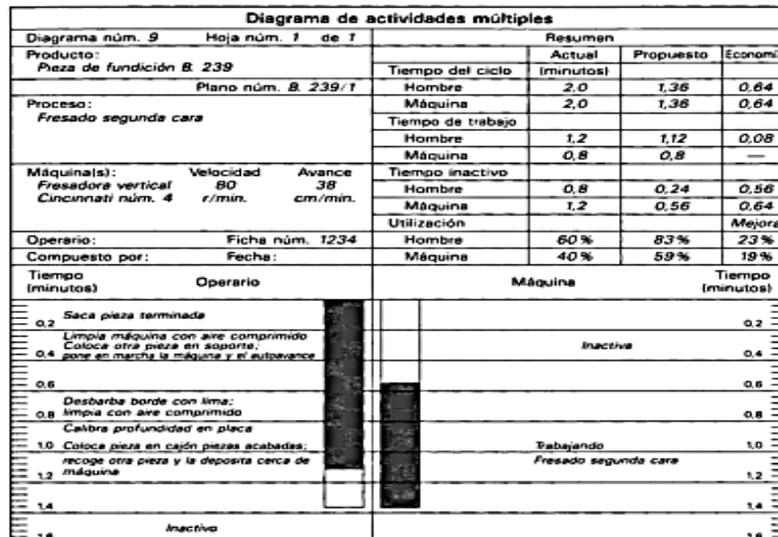


Ilustración 26: Diagrama de Actividades Múltiples tomado de (Sugiyama, 1989, p. 158)

Las actividades principales del proceso usadas en este tipo de mapas son:

1. **Operación:** indica las principales fases del proceso. Por lo común, la pieza, material o producto se modifica o transforma durante la operación.
2. **Inspección:** indica la inspección de calidad y/o la verificación de la calidad. Solo sirve para comprobar si una operación se ejecutó correctamente
3. **Transporte:** indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.
4. **Espera:** indica una demora en el desarrollo de los hechos, por ejemplo trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, abandono momentáneo, no registrado de cualquier objeto hasta que se necesite.
5. **Inventario:** indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

Basados en estos mapas y las actividades principales mencionadas, a continuación se presentarán las formas de identificación y medición de cada desperdicio, siguiendo las etapas mencionadas para cada uno de los desperdicios. En primera instancia para la identificación del desperdicio en el proceso se le asignará un diagrama o gráfico que permita visualizar este desperdicio desde el panorama general del proceso, para posteriormente hacer una medición puntal del mismo y finalmente, resumir todo en el mapa de proceso.

Mapeo de la sobreproducción:

La forma más clara de visualizar este desperdicio son los inventarios, almacenes o el exceso de defectos en múltiples partes del proceso, por lo cual para la medición e identificación del desperdicio en el proceso productivo se requiere un layout de planta (Ilustración 21), en el que se identifiquen los puntos donde hay inventario acumulado incluyendo almacenes, en los que se pueda identificar los productos en exceso.

Posteriormente, la forma adecuada de cuantificar este desperdicio se requiere tanto los niveles de demanda como el mapa del proceso en el cual se muestre la rotación del inventario, de tal manera que se pueda establecer si los niveles de inventario altos están relacionados con el sobreproducción.

Cabe resaltar que los altos niveles de inventario, pueden clasificarse como sobreproducción, pero es necesario hacer la comparación con la demanda y los niveles de rotación del inventario para comprobar que los inventarios hallados corresponden a sobreproducción, por tal razón los inventarios de materia prima no se tendrán en cuenta para este desperdicio, puesto que no han sido procesados y corresponden meramente a inventarios.

Mapeo de inventarios:

Este desperdicio es el más visible de todos, por observación directa se puede identificar las partes del proceso en las que existe este desperdicio bien sea como materia prima en almacenes, producto en proceso antes o después de las estaciones de trabajo o en el almacén de producto terminado, por lo que se puede medir fácilmente, solo se requiere seguir el

proceso de principio a fin y describir en cursograma analítico (Ilustración 24) o el diagrama de distribución en planta (Ilustración 21) los lugares donde se encuentra acumulado el inventario y posteriormente agregar la cantidad de piezas que están paradas.

Mapeo de transporte:

Este desperdicio es fácilmente observable, solo requiere que el analista, haga el seguimiento del movimiento del material a través de la planta, el cual puede ser plasmado en el diagrama de recorrido del material (Ilustración 22) el cual identifica claramente la cantidad de transportes y distancias recorridas que sufre el material por toda la planta durante el proceso. Posteriormente se requiere que sea medido y registrado en el cursograma analítico (Ilustración 24) el cual permite identificar los trasportes de material en la secuencia de actividades del proceso y registrar la distancia que este recorre de acuerdo a las mediciones registradas en el diagrama de recorridos.

Mapeo de movimientos:

Como ya se mencionó en la caracterización de los desperdicios, los movimientos pueden ser de dos tipos:

1. Desplazamientos en la planta
2. Movimientos en el puesto de trabajo.

Por lo cual para la identificación y medición de este desperdicio, se requieren hacer dos análisis en el proceso: el primero los desplazamientos innecesarios del trabajador, requiere que el analista del proceso haga una observación siguiendo al trabajador en los desplazamientos que realiza durante su labor, los cuales pueden registrarse fácilmente en un diagrama de hilos (Ilustración 23) que posteriormente alimentará un cursograma analítico del trabajador (Ilustración 24).

Por otra parte, los movimientos en la estación de trabajo son un poco más difícil de detectar requieren en primera instancia una observación general del proceso para detectar posibles actividades difíciles, inseguras, inadecuadas para el trabajador, peligrosas y en general, las que puedan ser mejoradas, por lo que se requiere un análisis más profundo y detallado a nivel de puesto de trabajo. En este caso el analista requerirá seleccionar las actividades que quiere estudiar con mayor profundidad, posteriormente debe usar el diagrama bimanual (Ilustración 25) para identificar enlistar los movimientos que desarrolla el trabajador y posteriormente después del análisis, cuestionarse sobre dichas labores y con un poco de creatividad clasificarlos como necesarios o innecesarios y así, iniciar la mejora.

Mapeo de esperas:

Al hacer una observación directa sobre el proceso productivo es preciso examinar o detectar aquellas operaciones en la que hay operarios desocupados, maquinas paradas, operaciones saturadas, puesto que estos puntos son evidencias de este desperdicio, las cuales se registran en un diagrama de planta (Ilustración 21) o un mapa de proceso y así, medir este desperdicio por medio de un diagrama de actividades múltiples (Ilustración 26), en el cual se comparen

los tiempos de improductividad, con los de productividad tanto de operarios como de máquinas.

Posteriormente, se debe completar el cursograma analítico del operario o maquina (Ilustración 24) contrastando las operaciones con las mediciones y así poder medir el total de las esperas en el proceso.

Mapeo de defectos:

Los defectos generalmente poseen un lugar particular de acumulación, por lo que se requiere un diagrama de distribución en planta (Ilustración 21) que contenga las estaciones de trabajo para que el analista por mera observación identifique los puntos en donde se encontraron defectos, y luego registre en el cursograma analítico para material (Ilustración 24) la cantidad de piezas defectuosas encontradas en cada operación.

Mapeo de sobreprocesamiento:

El sobreprocesamiento, como ya se ha mencionado, es quizá el más difícil de identificar, medir, analizar y eliminar, este desperdicio requiere de un análisis minucioso sobre el proceso, incluso a nivel operacional; para identificarlo se requiere en principio la secuencia de las operaciones del proceso, en el cual se detalle específicamente las actividades de cada proceso, posteriormente se debe evaluar la necesidad de cada una de ellas, de esa forma se podrán encontrar las actividades que corresponden a este desperdicio lo cual puede ser realizado directamente en el cursograma analítico del material (Ilustración 24).

El analista también debe realizar el cursograma analítico para el operario (Ilustración 24) para evaluar la necesidad de las operaciones y así detectar las operaciones que podría pertenecer a este desperdicio, hay que considerar que todas las actividades que no transforman el producto son desperdicio, además que aquellas que lo transforman pero podrían hacerse más efectivas y las relacionadas con el almacenamiento, inspección y corrección o reparación de piezas que deben ser categorizadas como tal en el cursograma analítico.

De tal forma que siguiendo estos tres pasos:

1. Hacer la observación directa de cada desperdicio.
2. Hacer las mediciones pertinentes en cada punto identificado en la observación para recolectar los datos sobre cada desperdicio.
3. Plasmar en el Cursograma Analítico los resultados parciales de cada desperdicio para reunir toda la información.

Se logrará revisar cada uno de los desperdicios, entrelazarlo con el mapa de proceso que permite medirlo y así resumir de forma general todos los desperdicios que hay en el proceso, teniendo hasta el momento la caracterización, identificación, relación, cuantificación e información suficiente para iniciar con la priorización, clasificando de mayor a menor impacto según afecten el proceso, y la eliminación usando para tal fin las herramientas que permita reducirlos hasta eliminarlos siguiendo las relaciones causales mencionadas en el Capítulo 3.

CAPÍTULO 5: COMPARACIÓN DE FORMAS LÍNEAS DE TRABAJO DE LEAN

Este capítulo busca darle al lector la visión general de la metodología Lean encontrada durante el análisis e investigación realizada, la cual se ha estructurado en tres líneas distintas de abordar el principio fundamental de Lean, “la eliminación de desperdicios”. Cada una de estas líneas se especializa en aspectos diferentes pero parten del mismo punto el Mapa de Proceso, sin embargo, la misma investigación muestra que al implementarlos de manera aislada no contribuyen a la mejora de procesos, por lo que se está considerando una integración de los tres.

El primer punto de vista surge de la investigación literaria realizada sobre la metodología conocida como Lean Manufacturing, el cual se centra en la implementación de técnicas, describe y caracteriza cada técnica ligándola a una oportunidad de mejora en la línea de producción, sin detallar la forma de identificación de desperdicios y la conexión de las técnicas con la eliminación de los mismos; por otra parte, el segundo método ha surgido del análisis realizado por el autor y el director de la tesis sobre la información encontrada y el contraste con la realidad de las organizaciones, que se ha descrito en este trabajo, en el cual se parte de la definición misma de desperdicios, para su visualización, medición y eliminación, sin embargo, dado que es considerado como un proceso meramente analítico en el cual el Ingeniero de Procesos o analista encargado debe conocer las bases de mapeo, gráficos, diagramas de proceso, herramientas y relaciones causales, puede ser aun así, difícil de implementar.

Finalmente, el tercer punto de vista para la eliminación de desperdicios se basa en la contribución de todos y cada uno de los involucrados en el proceso; lo que busca es que el proceso de identificación de desperdicios y su eliminación sea un trabajo cotidiano, sea de conocimiento de todo el personal y que cada uno de los miembros contribuya a la mejora continua con su intuición y creatividad para resolver los problemas.

De tal forma se logra distinguir cómo cada una de las líneas mencionadas contribuye a la mejora de procesos de forma diferente y que ninguno garantiza la eliminación del desperdicio, por lo que basados en la investigación desarrollada, en el análisis y en la creación de conocimiento generada de misma se hará una propuesta para la integración de estos tres puntos de vista en busca de obtener una verdadera mejora de procesos.

VSM para Identificar Herramientas de Mejora Lean

Partiendo de la literatura usual de Lean Manufacturing como (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013; Martí O. & Torrubiano G., 2013; Rajadell C. & Sánchez G., 2010) entre otros, se logra encontrar la primera forma de eliminación de desperdicios, la cual está basada en la implementación de técnicas para la mejora de procesos, partiendo del mapa de proceso y la

identificación de mejoras, de esta forma los desperdicios pasan a un segundo plano, dejando de lado la medición, las causas raíces de los mismos, la priorización e incluso su identificación.

Lo que busca este método de mejora de procesos es identificar los puntos del proceso donde se puede implantar la técnica, de tal manera que el analista conoce las técnicas y se centra encontrar las partes del proceso en donde aplicar las técnicas que conoce (ver Ilustración 27).

Para aclarar esta forma de mejora de procesos con Lean, se usará el caso práctico que presenta (Rajadell C. & Sánchez G., 2010) en el que hacen el mapa de proceso e identifican puntos de mejora, los cuales se canalizan en una herramienta que puede mejorarlos, en este caso Heijunka.

Se identifican 4 oportunidades de mejora que se destacan en la Ilustración 28 en color amarillo:

1. Isla de Producción
2. Mejora de Procesos
3. Combinación de procesos
4. Fabricar y enviar según previsión

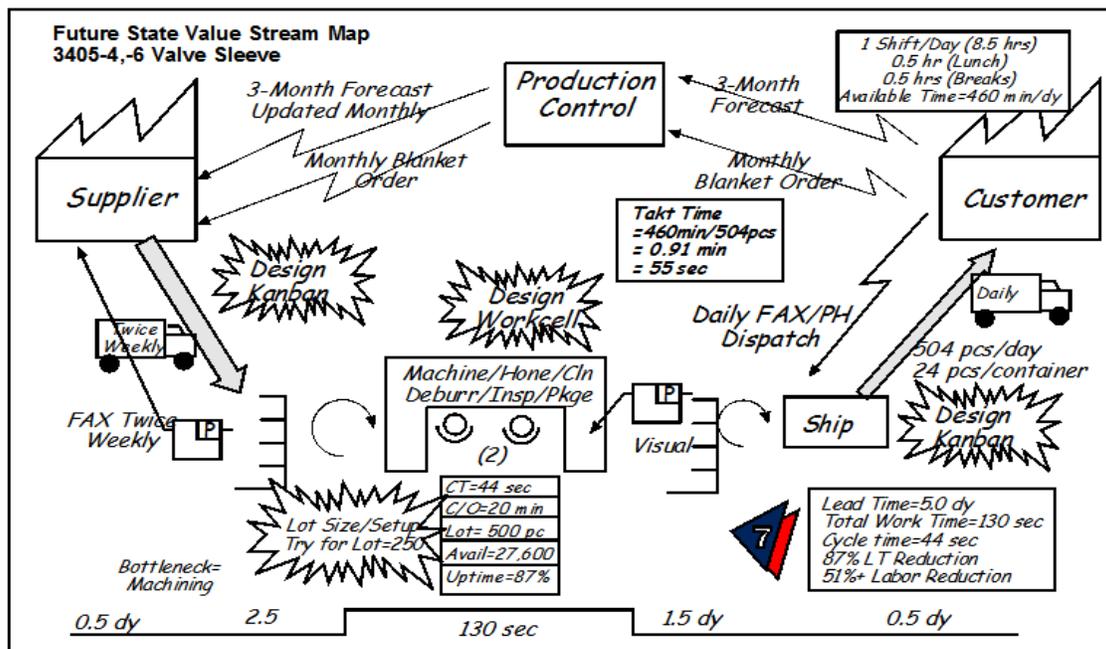


Ilustración 27: Oportunidades de Mejora tomado de (Mapping the Future State, 2007)

Al hacer el análisis se concluye que la mejor forma de mejorar el proceso es la aplicación de la técnica Heijunka, la cual está relacionada con la nivelación de la producción y flexibilidad en los procesos, sin embargo, al analizar el caso completo se puede ver que la Isla de Producción es una técnica conocida como Celdas de Manufactura; la que se denomina Mejora de Procesos es nivelación de producción y reducción de tiempo de ciclo (Heijunka), Combinación de

Procesos va a requerir Empleados Polivalentes y finalmente Fabricar y enviar según previsión que está relacionada con dos técnicas Kamban y JIT, que son las que adecuan la producción a la demanda.

A pesar de esto, en el desarrollo de este proceso, en ningún momento fueron estudiadas las causas del desperdicio, incluso no se mencionó algún desperdicio, por lo que no se puede garantizar que se conozca la naturaleza del desperdicio, ni si estas formas de mejora reducen o eliminan los desperdicios en la organización.

Si se analiza el caso, la identificación de puntos de mejora es como una asignación de técnicas a cada problema, es decir, en donde se encuentra un problema, se le asigna una técnica y así, mejoro esa parte del proceso, sin comprender que la implementación debe ajustarse a lo que realmente necesita la empresa y atacar las causas de cada desperdicio para así eliminarlo y cumplir con el principio fundamental de Lean.

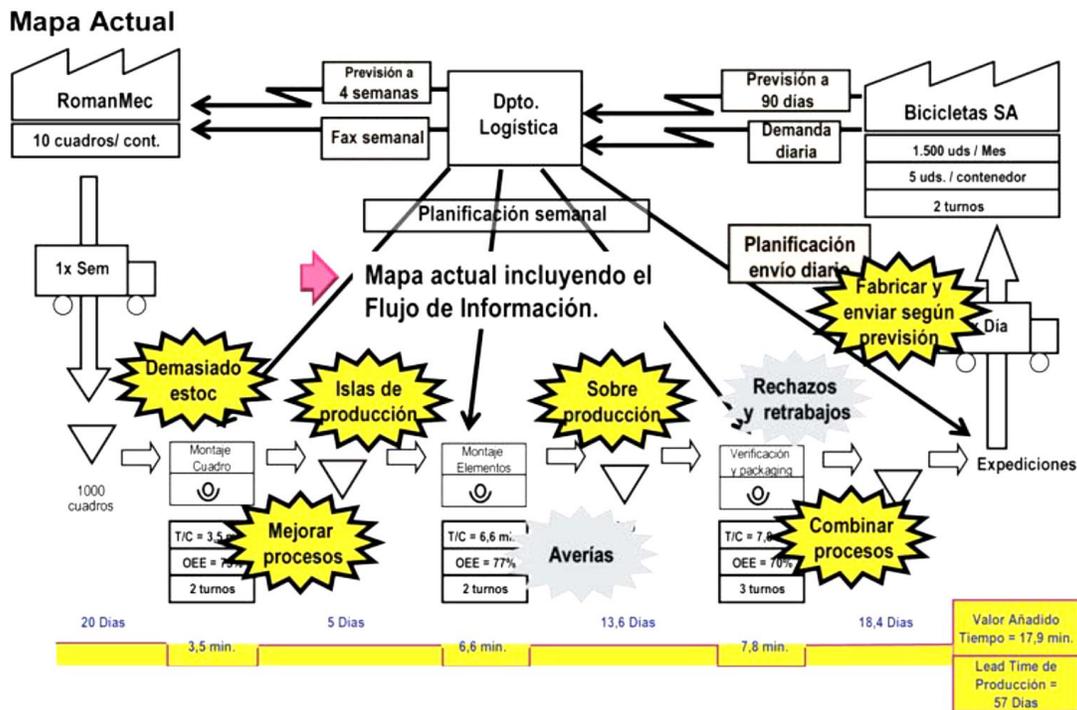


Ilustración 28: Caso Práctico - Aplicación de Heijunka tomado de (Rajadell C. & Sánchez G., 2010)

Técnicas de Mejora de Métodos para Identificar Desperdicios

Por otra parte si se considera la segunda forma de eliminación de desperdicios que consiste en la identificación, medición y priorización de desperdicios, la cual está planteada en este

trabajo de tesis, se fundamenta en las propuestas de eliminación del desperdicio desarrolladas por Rene Domingo, Samson Kebede y otros (Domingo, 2003b; Kebede, Ababa, & Hotel, 2012) quienes identificaron que la forma para eliminar desperdicios es seguir una secuencia de pasos desde la identificación hasta la eliminación, pasando por la caracterización, visualización, aceptación, medición, evaluación y finalmente la eliminación y con la cual se dio forma al procedimiento anterior que consiste principalmente en identificar los desperdicios, sus causas, sus relaciones y con base a estas medirlos y eliminarlos.

Esta segunda forma de mejora de procesos ligada directamente con el principio fundamental de Lean, es un desarrollo meramente analítico, en el cual se recolecta información, se plasma en mapas de proceso y se analiza para encontrar la solución, sin embargo requiere conocimientos previos del analista, que lo ayuden a identificar rápidamente el modo de proceder en cada uno de los pasos propuestos para la identificación de desperdicios, conocimientos como: mapas de procesos, conocimiento de gráficos y diagramas de proceso, herramientas y técnicas para la mejora de procesos, pero también requiere un poco de perspicacia, intuición y creatividad del analista para lograr la mejora del proceso.

Factor Humano para la Resolución de Problemas

El tercer método usado para la eliminación de Desperdicios se relaciona con la mejora continua está consiste en hacer pequeños cambios que van adaptando el proceso para lograr dicha mejora, éste requiere la cooperación de todos los involucrados en la organización (operarios, supervisores, jefes y directivos).

Para explicar en qué consiste esta forma de desarrollo de Mejoras Productivas, se tomará como base lo escrito en “El Libro de Las Mejoras” (Sugiyama, 1989), este libro fue desarrollado por Suguyama, quien trabajo en Yamaha como Jefe de Sección de Producción, Director General y posteriormente Presidente de Yamaha Engineering Ltd., en la cual fue participe de la creación de lo que se conocía en la organización como la Ingeniería de Liberación de Problemas, una filosofía de trabajo, que envuelve a toda la organización y que logra que cada participante, dependiendo del desperdicio, contribuya desde su puesto de trabajo y con su creatividad, experiencia y conocimiento a la eliminación de cada uno de los desperdicios y por ende a la mejora del proceso, empezando por espacios, luego mejor uso de los recursos, reduciendo los movimientos en el trabajo mismo y así sucesivamente, hasta lograr la eliminación de todo tipo de problemas.

Una de las partes fundamentales de esta filosofía es que todos se involucran, que todos participan y sobre todo, que los términos y conceptos que se usan para orientar a todo el personal hacia la mejora continua se difunden, se entienden y se usan de tal forma que cada uno de los involucrados maneja el mismo lenguaje cuando se refiere a la mejora de procesos desarrollada en ese momento.

Lo que se busca con este método para la mejora de procesos es que los empleados aprendan a percibir el desperdicio en las áreas de trabajo, que es quizá una de las fases más difíciles en el proceso de identificación del desperdicio, puesto que no se puede iniciar la mejora del proceso si no se tienen claro por dónde empezar, qué se busca y dónde buscar. Después de percibido el desperdicio entonces se puede empezar a generar ideas que lo eliminen y reduzcan y con estas establecer estándares temporales que permitan mejorar el proceso.

De esta manera el proceso para la eliminación del desperdicio se vuelve una rutina diaria de los empleados, buscando constantemente en sus puestos de trabajo, áreas de mejora, razón por la cual se ha denominado como mejora continua, sin embargo, si se desarrollan pequeñas mejoras aisladas, en distintas partes del proceso sin pesar como un todo, con un fin determinado y común para todas las partes involucradas se llega incluso a perjudicar el proceso, porque no se contemplan los efectos de dichas mejoras en otras operaciones y estos pequeños cambios pueden alterar sustancialmente el comportamiento de todo el proceso.

De esta forma como lo menciona Fuentes Zenón en su libro *Un Sistema de Metodologías de Planeación* (Fuentes Zenón, 1995) esta mejora de los procesos se convierte en “una serie de cambios marginales y desarticulados que no permiten eliminar o reducir potencialmente el problema tratado”, en ocasiones se convierten en medidas de corto plazo, que no ayudan a solucionar el problema desde la raíz, solo curan momentáneamente los daños causados, dejando atrás el fundamento de la aplicación de Lean en la organización -la completa eliminación de los desperdicio-.

Por ello se ha llegado a una propuesta similar a la que plantea (Fuentes Zenón, 1995), en su libro, en el que muestra que no se puede asumir los extremos, es decir, no irse por el método meramente intuitivo, no irse por el método analítico, ni por el método de implementación de herramientas, hay que seguir un método que permita la participación de todos los integrantes de la organización, haciendo uso de su intuición, conocimiento, creatividad y apoyándose un poco en las herramientas y mapas ya creados para lograr identificar los desperdicios, sin desviarse del punto focal la mejora del proceso.

PROPUESTA DEL AUTOR

Para identificar y eliminar desperdicios en las organizaciones se requiere más que un proceso sistemático o estructurado, se requiere de la intuición para lograr detectar desperdicios en el proceso, por lo que no basta con el desarrollo de mapas de proceso, se requiere de una observación directa del proceso para encontrar los puntos donde se acumula o presenta el desperdicio y finalmente, la contribución de todos los involucrados con su creatividad, experiencia e intuición para detectar los desperdicios con mayor facilidad, encontrar las formas de reducirlos o eliminarlos y sobre todo la forma de mejorar todo el proceso.

El proceso que aquí se propone ligar las tres fases de Lean Manufacturing, mencionadas anteriormente, la fase estructurada y analítica, la fase intuitiva y la implementación de herramientas. Como se mostró cada una tiene su propia ventaja, por lo que a continuación se hará uso de la misma, para dejar en consideración un proceso para la identificación y eliminación de desperdicios que combina las tres fases.

Inicialmente se debe identificar el proceso que va a ser mejorado, para lo cual se requiere como primera medida seleccionar el proceso, esto puede hacerse siguiendo el impacto que este proceso tenga en la organización o los efectos que tiene en cuanto a costo, tiempo, calidad y cantidad, dichos indicadores miden el desempeño de un proceso, por lo que es fundamental tenerlos en cuenta para la selección del proceso. Con base en la dicha elección se procede a identificar el conjunto de las actividades u operaciones que lo componen, es decir, describir o secuenciar los pasos que deben seguir los insumos para convertirse en productos, lo cual se puede listar y posteriormente secuenciar en un diagrama similar al diagrama de flujo (Ilustración 20). Es te mapa o diagrama del proceso, no es más que la representación gráfica de la secuencia de actividades que sigue el material para ser transformado en producto.

De la misma forma para desarrollar el análisis del proceso se requiere el diagrama de distribución en planta, que es el plano que contiene las estaciones de trabajo, el cual servirá para hacer seguimiento al proceso.

Partiendo de estos dos primeros mapas, se puede hacer el análisis requerido para la identificación del desperdicio, puesto que si se tienen el diagrama del proceso y el diagrama de planta, se puede hacer una observación al proceso a lo largo de la planta, puntualizando cada una de las actividades desarrolladas.

Es en este punto donde empieza la intuición, se requiere de ella para localizar, visualizar y ser consciente de la presencia del desperdicio en cada una de las actividades, sin olvidar el conocimiento previo sobre los desperdicios, para que durante el recorrido, sea más fácil la búsqueda de los mismos.

También dicha búsqueda de desperdicios puede ser realizada por toda la organización, ya que cada trabajador que ha sido inducido en el tema de desperdicios, puede aportar desde su trabajo, ideas para la eliminación de desperdicios o visualizar las formas de desperdicio en su día a día. De esta forma se mostrará a continuación el procedimiento a seguir para identificar

cada desperdicio siguiendo la intuición y los dos mapas ya mencionados, proceso que puede ser desarrollado por un analista o por un trabajador.

Mapeo de la sobreproducción:

La forma más clara de visualizar este desperdicio son los inventarios, almacenes o el exceso de defectos en múltiples partes del proceso, por lo cual para la medición e identificación del desperdicio en el proceso productivo se requiere un layout de planta, en el que se identifiquen los puntos donde hay inventario acumulado incluyendo almacenes de defectos.

Como se muestra en la Ilustración 29, lo que se debe hacer es concentrar la atención en los puntos del proceso donde siempre hay inventarios es decir, en almacenes de materia prima y de producto terminado, antes y después de las estaciones de trabajo para posteriormente contrastarlo con la demanda real, puesto que no todo inventario indica que hay sobreproducción, solo que la mejor forma de detectar este desperdicio es dar seguimiento o investigar los inventarios del proceso. También se puede concentrar la atención en las máquinas con exceso de capacidad o con altos volúmenes de procesamiento, lo cual como se mostró anteriormente llega al mismo punto, generación de inventarios.

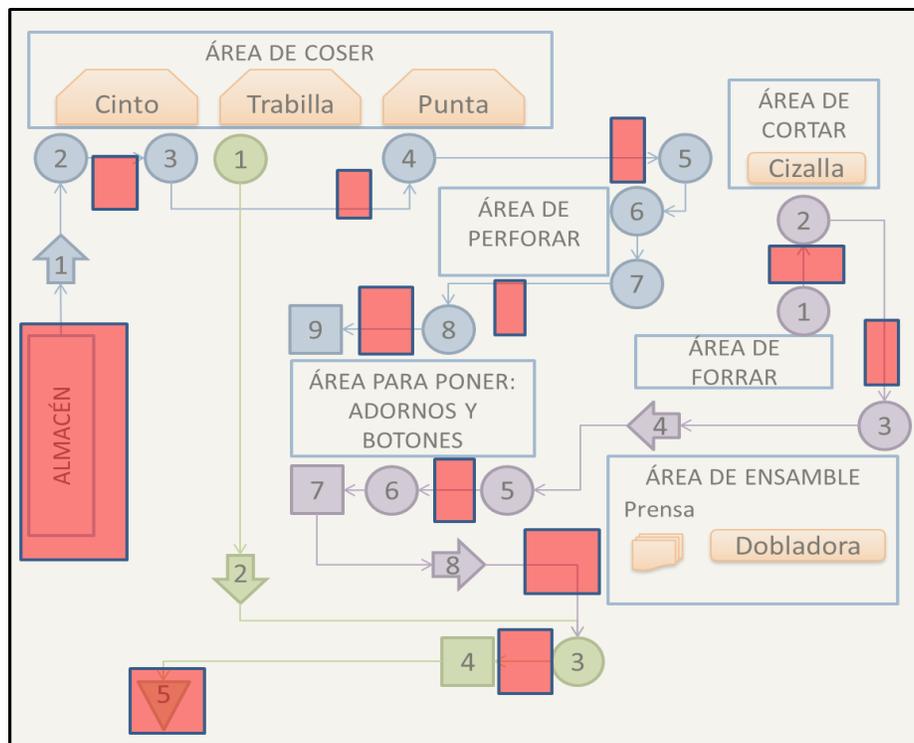


Ilustración 29: Mapa del proceso con Inventarios adaptado de (Ceballos Rivera, 2010)

Posteriormente a la observación se deben especificar los puntos del proceso que requieren ser estudiados con mayor detalle, en estos puntos se hacen las mediciones pertinentes, es importante resaltar que la diferencia entre este desperdicio y los inventarios es que en este se caracterizan las operaciones no la cantidad de productos que hay en el inventario, sin embargo se requiere comparar el número de productos con la demanda y/o con el nivel de

rotación del inventario para identificar si es o no sobreproducción, de tal manera que cuando se identifique este desperdicio, se debe completar el Cursograma identificando la operación como sobreproducción.

Mapeo de inventarios:

Este desperdicio es el más visible de todos, por observación directa se puede identificar las partes del proceso en las que existe este desperdicio bien sea como materia prima en almacenes, producto en proceso antes o después de las estaciones de trabajo o en el almacén de producto terminado como se muestra en la Ilustración 29, por lo que se puede medir fácilmente, solo se requiere seguir el proceso de principio a fin y describir en mapa del proceso o el diagrama de distribución en planta los lugares donde se encuentra acumulado el inventario para posteriormente en el Cursograma el proceso agregar la cantidad de piezas que están paradas.

Mapeo de transporte:

Este desperdicio es fácilmente observable, solo requiere que el analista, haga el seguimiento del movimiento del material a través de la planta el cual puede ser plasmado en el diagrama de recorrido del material el cual identifica claramente la cantidad de transportes y distancias recorridas que sufre el material por toda la planta durante el proceso.

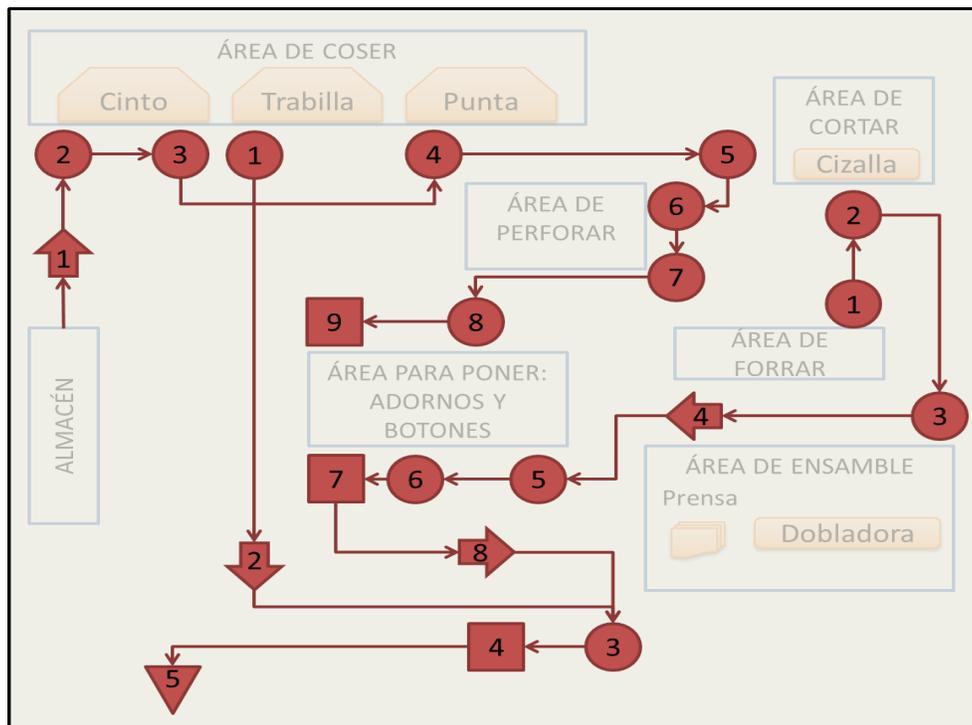


Ilustración 30: Mapa del Proceso con Transportes adaptado de (Ceballos Rivera, 2010)

De esta forma si el analista hace el seguimiento al movimiento del material alrededor de la planta podría obtener un gráfico similar a la Ilustración 30 en la que se muestran los recorridos que realiza el material por toda la planta, de tal manera que posteriormente puede medir las distancias recorridas y registrarlo en el Cursograma, en el cual debe identificar los trasportes de material en la secuencia de actividades del proceso con las respectivas distancias recorridas.

Mapeo de movimientos:

Como ya se mencionó en la caracterización de los desperdicios, los movimientos pueden ser de dos tipos:

1. Desplazamientos en la planta
2. Movimientos en el puesto de trabajo.

Por lo cual para la identificación y medición de este desperdicio, se requieren hacer dos análisis en el proceso: el primero los desplazamientos innecesarios del trabajador, requiere que el analista del proceso haga una observación siguiendo al trabajador en los desplazamientos que realiza durante su labor, los cuales pueden registrarse fácilmente en un diagrama de hilos que posteriormente alimentará un cursograma analítico del trabajador (ver Ilustración 31).

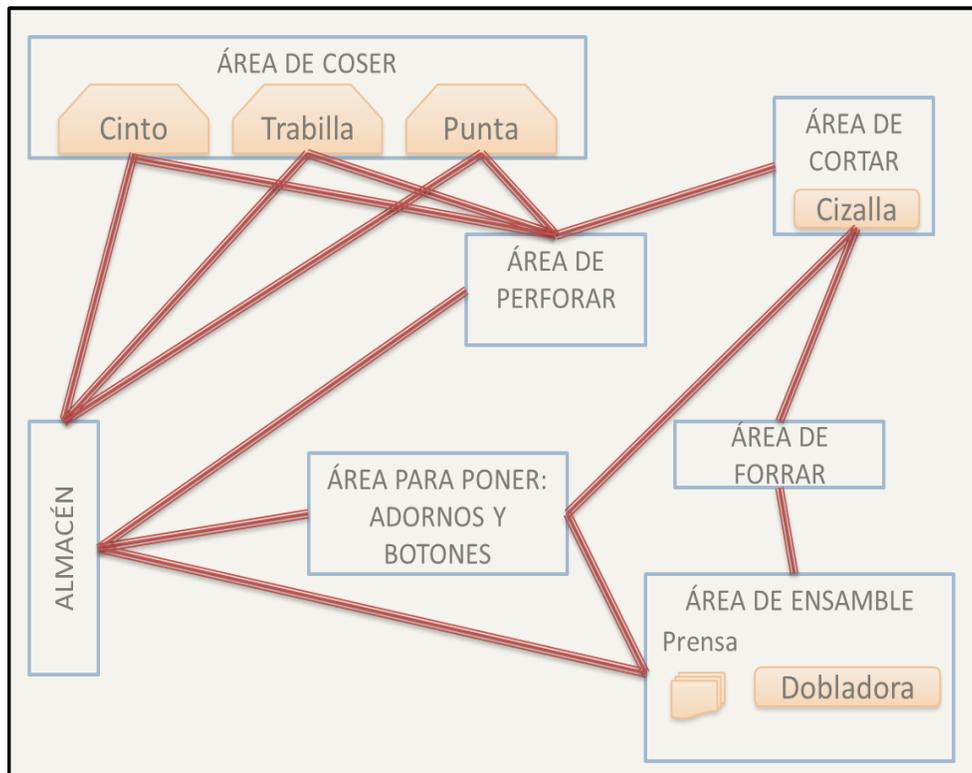


Ilustración 31: Mapa del Proceso con Desplazamientos adaptado de (Ceballos Rivera, 2010)

Por otra parte los movimientos en la estación de trabajo son un poco más difícil de detectar requieren en primera instancia una observación general del proceso como se muestra en la Ilustración 32: Mapa del Proceso con Movimientos, se requiere señalar primero en el mapa las actividades o los operarios a estudiar que pueden relacionarse con actividades difíciles, inseguras, inadecuadas o mejorables. Después se requiere un análisis más profundo y detallado a nivel de puesto de trabajo, en este caso el analista requerirá usar el diagrama bimanual para identificar los múltiples movimientos innecesarios o mal diseñados que realiza el trabajador en su operación.

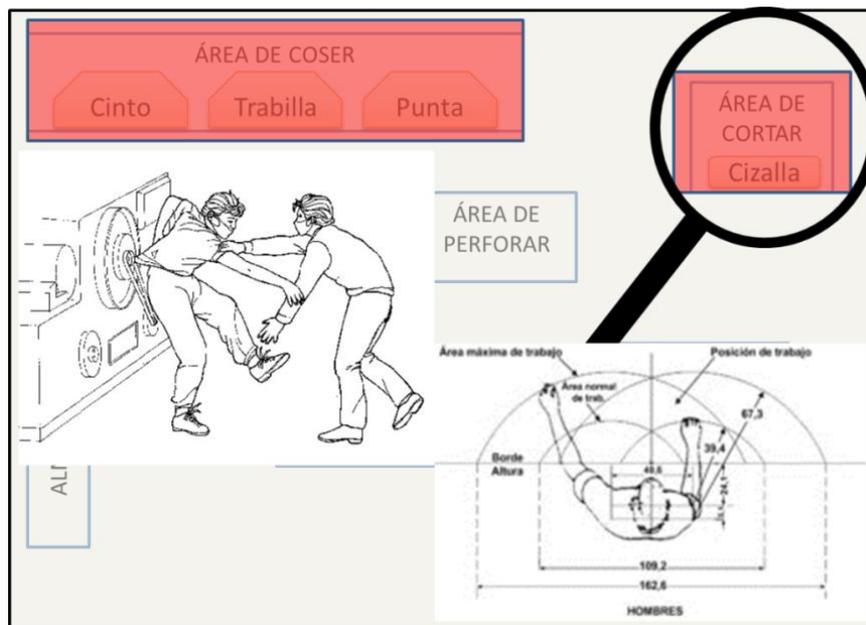


Ilustración 32: Mapa del Proceso con Movimientos adaptado de (Ceballos Rivera, 2010)

Mapeo de esperas:

De la misma forma que para los movimientos, se requiere que el analista haga una observación directa sobre el proceso productivo para examinar o detectar aquellas operaciones en la que hay operarios desocupados, maquinas paradas, operaciones saturadas, puesto que estos son los puntos son evidencias de este desperdicio tal como se ve en la Ilustración 33.

Después de detectadas las operaciones que tiene este desperdicio se debe hacer un análisis a cada operación por medio de un diagrama de actividades múltiples, en el cual se comparen los tiempos de inproductividad, con los de productividad tanto de operarios como de máquinas y continuar con el Cursograma Analítico del operario contrastando las operaciones con las mediciones y así poder medir el total de las esperas en el proceso.

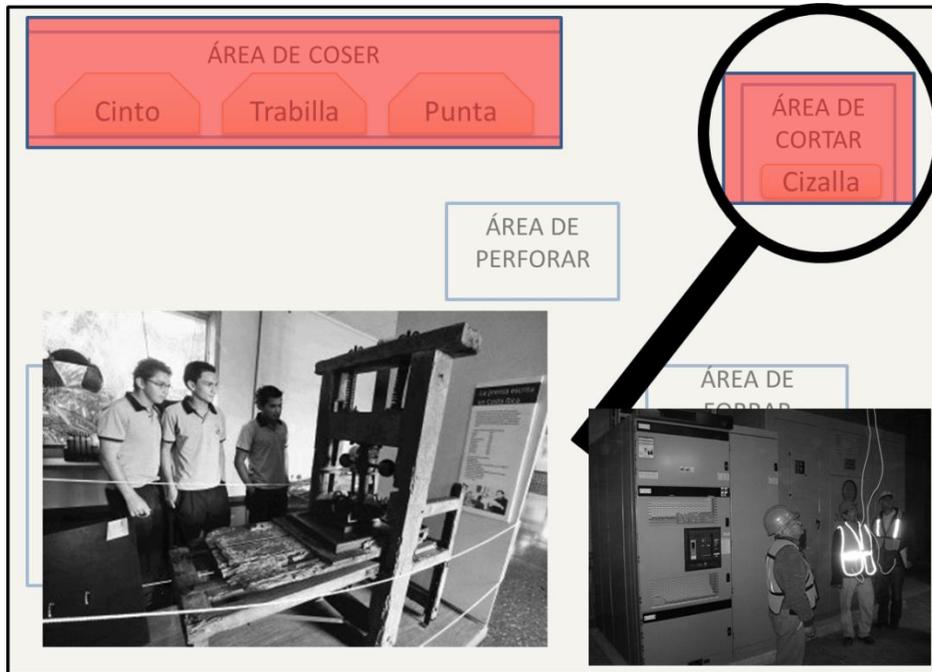


Ilustración 33: Mapa del Proceso con Esperas adaptado de (Ceballos Rivera, 2010)

Mapeo de defectos:

Los defectos generalmente poseen un lugar particular de acumulación, por lo que se requiere un diagrama de distribución en planta que contenga las estaciones de trabajo para que el analista por mera observación identifique los puntos en donde se encontraron los productos con defectos y luego registre en el cursograma analítico la cantidad de piezas defectuosas encontradas en cada operación.

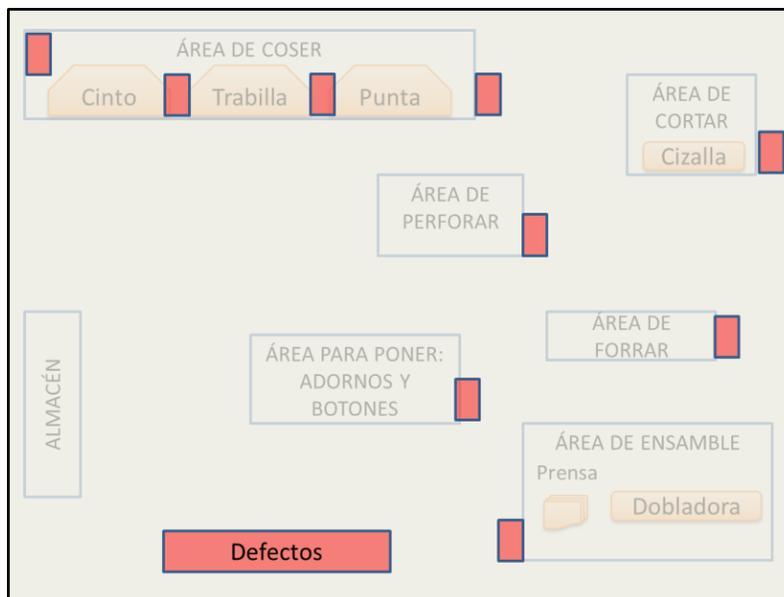


Ilustración 34: Mapa del Proceso con Defectos adaptado de (Ceballos Rivera, 2010)

Es importante que el analista se detenga a observar en todos los posibles puntos de acumulación de defectos, es decir, antes y después de cada operación, en almacenes, en pasillos, en la zona de inspección y en zonas de acumulación de producto, tal como lo indica la Ilustración 34, para posteriormente si hacer el conteo y registro descrito anteriormente.

Mapeo de sobreprocesamiento:

El sobreprocesamiento como ya se ha mencionado es quizá el más difícil de identificar, medir, analizar y eliminar, este desperdicio requiere de un análisis minucioso sobre el proceso incluso a nivel operacional, por ello a diferencia de los demás éste requiere el diagrama de operaciones (Ilustración 20) que no es más que la secuencia e interacción de las operaciones del proceso, en el cual se detalle específicamente las actividades de cada proceso, para con esta evaluar la necesidad de cada una de operaciones desarrolladas y de esa forma encontrar las actividades que corresponden a este desperdicio.

Considerando el criterio primordial de que todas las actividades que no transforman el producto son desperdicio, además que aquellas que lo transforman pero podrían hacerse más eficientes también hacen parte de este desperdicio, al igual que todas las relacionadas con el almacenamiento, inspección y corrección o reparación de piezas son sobreprocesamiento y deben ser categorizadas como tal en el proceso de análisis del proceso.

Al concluir la fase de identificación, se procede al análisis minucioso, en la cual se estudian cada uno de los desperdicios hallados, sus impactos y sus posibles causas para determinar las soluciones. En esta fase se propone el uso de análisis causales como el del Ishikawa y la lluvia de ideas, sobre causas o alternativas de soluciones con el fin de hallar las relaciones entre ellos y lograr conectarlos con sus posibles soluciones, además de un análisis meramente analítico, es decir, cuantificar, medir y revisar los niveles de desperdicios en el proceso para así priorizar su eliminación. Para tal fin se integra esta propuesta con la fase de identificación y eliminación de desperdicios ya mencionada, ya que no basta con identificar el desperdicio, se requiere acercarse a cada desperdicio hallado y determinar su magnitud, para así hallar su impacto e implementar mejoras adecuadas para conseguir reducirlos.

Finalmente para asegurar la correcta eliminación de los desperdicios, se debe recurrir a dos estrategias, la primera es apoyarse de la intuición y las ideas de los trabajadores, quienes por su experiencia y conocimiento del proceso, pueden encontrar ideas más ajustadas, alcanzables y manejables para la mejora del proceso y por otra parte, basados en el análisis causal y las relaciones halladas anteriormente en la fases analítica, las herramientas de mejora de procesos pueden aportar grandes mejoras, siempre que se apliquen de la forma adecuada.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha desarrollado un fuerte y concreto avance en la identificación de desperdicios, por medio del análisis de cada desperdicio, que permite caracterizarlos, definiendo claramente cuáles son los 7 desperdicios en Lean Manufacturing, mostrando cuáles son las características, las formas de visualización y de negación del desperdicio en la industria, de forma que el lector pueda entender el desperdicio, observarlo en la planta, reconocerlo y darlo a conocer a toda la organización.

Esté análisis además permitió relacionar los desperdicios como un sistema integrado en el que cada una de sus partes interactúa de manera conjunta para la generación de problemas operacionales, de tal forma que al identificar dichas relaciones, se puede atacar de manera conjunta varios de los desperdicios durante el proceso de minimización y eliminación de los mismos. Generando como resultado importante las relaciones causales de los desperdicios que permiten definir 4 grandes grupos de problemas que podrían estar afectando la producción y con ello maximizando el desperdicio como son:

1. Planeación de la Producción
2. Prevención y cobertura de fallas
3. Procesos y distribución en planta
4. Políticas empresariales

En los cuales se pueden agrupar las causas de los desperdicios, de tal forma que al atacar estos problemas, se reducen uno o varios desperdicios y finalmente pueden ser eliminados.

Por otra parte, el trabajo logra establecer una relación más cercana entre el mapeo de procesos y la identificación del desperdicio, en la que a cada desperdicio le corresponde con un mapa de proceso; mapa que permite visualizarlo y medirlo, facilitando así su identificación. Dando como resultado general una propuesta para la identificación, medición y eliminación del desperdicio, basada en tres líneas de Lean Manufacturing identificadas como son:

1. VSM para Identificar Herramientas de Mejora Lean
2. Técnicas de Mejora de Métodos para Identificar Desperdicios
3. Factor Humano para la Resolución de Problemas

Propuesta en la cual se logra integrar las tres líneas, mostrando como las organizaciones pueden observar, identificar, medir y eliminar los desperdicios partiendo de los diagrama de distribución en planta y de proceso, usando la creatividad, intuición y experiencia de sus trabajadores para detectar permanentemente los desperdicios en su lugar de trabajo, además de las técnicas existentes de mejora de procesos como ayuda para la eliminación de los desperdicios.

De la misma forma, surge de este trabajo nuevas investigaciones por empezar como son la creación de un mapa de procesos que permita observar, medir y analizar todos los desperdicios en conjunto o la creación de una herramienta que permita canalizar toda la

información del proceso relacionada con cada uno de los desperdicios a fin de iniciar con el proceso de medición y priorización del desperdicio.

Destacando que es importante que con los factores que se determinaron o características del desperdicio son la base para elaborar listas de chequeo que permitan al analista detectar fácilmente en cada puesto de trabajo los desperdicios que hay en cada estación de trabajo y verificar cada uno de los criterios en los puntos hallados en los mapas de proceso.

Finalmente al culminar este trabajo se puede concluir que es fundamental el proceso de identificación del desperdicio para lograr la eliminación de los mismos y la implementación de lean en las organizaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Araújo, P. (2011). " Universidades Lean": Contribución para la reflexión. *Revista de La Educación Superior*.
- Bertulucci Silveira, C. (24 de 09 de 2013). *7 DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO*. Obtenido de *7 DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO*: <http://www.citisystems.com.br/7-desperdicios-producao/>
- Ceballos Rivera, A. (18 de Octubre de 2010). *¿COMO ELABORAR LOS DIAGRAMAS DE RECORRIDO, DE OPERACIONALES Y CURSOGRAMA ANALÍTICO?* Recuperado el 07 de Septiembre de 2014, de http://imposingquality.blogspot.mx/2010/10/como-elaborar-los-diagramas-de_18.html
- Cuatrecasas, L. (2003). *Lean Management Gestion competitiva por excelencia* (Profit, p. 416). MADRID.
- Domingo, R. T. (2003a). Down with Inventory! *Business Management Articles Manufacturing Management of Asian Institute of Management*. Retrieved from <http://www.rtdonline.com/BMA/MM/2.html>
- Domingo, R. T. (2003b). Identifying and Eliminating The Seven Wastes or Muda. *Business Management Articles Manufacturing Management of Asian Institute of Management*, 1-4.
- Fuentes Zenón, A. (1995). Un Sistema de Metodologías de Planeación, 138.
- Galgano, A. (2003). *Las tres revoluciones: caza del desperdicio: doblar la productividad con la "Lean Production"* (Diaz de Sa., p. 399). MADRID.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing. Concepto, técnicas e implantación* (p. 174). MADRID: Escuela de Organización Industrial.
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994-1011. doi:10.1108/01443570410558049
- Kanaway, G. (1986). *Introducción al estudio del trabajo* (Cuarta., p. 521). Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Kebede, S., Ababa, A., & Hotel, H. (2012). One Day Training on Kaizen.
- Mark O., G. (2010). *La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos* (pp. 1-56). Dallas.
- Martí O., J. J., & Torrubiano G., J. G. (2013). *Lean Process: Mejorar Los Procesos Para Ser Más Competitivos* (p. 121). Valencia, España.

- Rajadell C., M., & Sánchez G., J. L. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.* (28037 Ediciones Díaz de Santos, Albasanz, 2, Ed.) (p. 264). MADRID.
- Rotta, D. La, Madera, Y., Restrepo, G., Vanegas, J., & Parra, C. (2011). Identificación y Caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 19*, 396–408.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management, 25*(4), 785–805. doi:10.1016/j.jom.2007.01.019
- Sugiyama, T. (1989). *El Libro de las Mejoras* (p. 227). Massachusetts: Japan Management Association.
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia Y Sociedad, XXXVI*, 276–310.
- Bertulucci Silveira, C. (24 de 09 de 2013). *7 DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO*. Obtenido de 7 DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO: <http://www.citisystems.com.br/7-desperdicios-producao/>
- Ceballos Rivera, A. (18 de Octubre de 2010). *¿COMO ELABORAR LOS DIAGRAMAS DE RECORRIDO, DE OPERACIONALES Y CURSOGRAMA ANALÍTICO?* Recuperado el 07 de Septiembre de 2014, de http://imposingquality.blogspot.mx/2010/10/como-elaborar-los-diagramas-de_18.html
- García Sánchez, I. (Septiembre de 2011). *Conocer los Diagramas de Recorrido*. Recuperado el 07 de Septiembre de 2014, de <https://sites.google.com/site/ivangarciasanchez90/objetivos/gestion-tema-7/10o>
- Los 7 desperdicios*. (28 de 12 de 2012). Obtenido de Los 7 desperdicios: <http://corazoneneltrabajo.bligoo.com/los-7-desperdicios-tema-de-lean-manufacturing>
- Mapping the Future State*. (09 de 2007). Obtenido de Mapping the Future State: http://www.strategosinc.com/value_stream_mapping3.htm