



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INTEGRACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA Y SEIS
SIGMA APLICADA A LAS PYMES MEXICANAS

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A N :

GALLEGOS RODRÍGUEZ ERIKA
JERÓNIMO CÁRDENAS VERÓNICA



DIRECTORA DE TESIS: M.I. SUSANA CASY TELLEZ B.

MEXICO, D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por haberme dado la vida, por todos los esfuerzos que han hecho para poder darme una buena educación, por inculcarme los valores que hoy me forman como persona. A ellos les doy gracias, porque creyeron en mí, creyeron en que podría terminar mi carrera y llegar a hacer cosas grandes en la vida.

A mi abuelita y a Vanessa porque cuando llegaba a casa cansada y sin fuerzas bastaba con solo una de sus sonrisas para saber que podía seguir adelante. A ellas les doy gracias por todo su amor.

A mi tía Maga, porque al igual que mis padres ayudo a cimentar la base de mi educación.

A Arturo, por haberme soportado en esos momentos tan difíciles en los que necesitaba que alguien me sostuviera y me impulsara a seguir, por estar siempre conmigo de manera incondicional.

A mi hermana, por haberme acompañado en esas noches de desvelo, en las que mientras yo trabajaba ella veía la tele o se acostaba en el sofá hasta que yo terminara.

A mi hermano porque con sus chistes maslos trataba de sacar de mi lo mejor.

A todas aquellas personas que me apoyaron siempre y que no me dejaron rendir.

Pero sobre todo, doy gracias a Dios, por haberme puesto a las personas indicadas en el lugar y el momento preciso.

ERIKA GALLEGOSRODRIGUEZ

AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Que con su esfuerzo, amor y paciencia me han regalado la herramienta para luchar y sobresalir en la vida. Les agradezco de todo corazón el haber creído en mí, los quiero mucho.

A mi hija Andy

Por haber llegado a mi vida y ser la razón de mi existencia y el motor que me impulsa a seguir adelante. Gracias por regalarme parte de tu tiempo para dedicarlo a realizar mi sueño, te amo princesa.

A mi esposo

Por sus consejos y apoyo incondicional cuando más lo necesité. Gracias por estar conmigo y compartir día a día esta hermosa experiencia.

A mis hermanos

Que con su compañía y amor hicieron de esta vivencia la más hermosa de mi vida. Gracias por formar parte de mi vida y mi familia.

A mi Universidad

Por todo lo que me ha brindado para cumplir mi más grande sueño. Siempre me sentiré muy orgullosa de formar parte de ti.

A mis profesores

Por las enseñanzas que me dejaron cada uno de ellos para ser mejor en la vida profesional y personal. Muchas gracias por sus conocimientos y sabiduría.

A mis compañeros y amigos

Por haber hecho más fáciles los días de exámenes, tareas y clases. Gracias por disfrutar conmigo cada uno de los momentos compartidos.

A Erika y a todas las personas que de alguna forma aportaron su granito de arena para que yo pudiera culminar mi sueño. Muchas gracias de todo corazón.

Pero sobretodo a Dios por guiar mi camino y estar siempre conmigo dándome la fortaleza para obtener una de mis más grandes metas y sueños. Gracias

*No tengas miedo de ir despacio,
ten miedo de quedarte parado.
Anónimo*

VERÓNICA JERÓNIMO CÁRDENAS

INDICE

ANTECEDENTES.....	iii
CAPÍTULO 1 LAS PYMES EN MÉXICO	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.2.1 Características generales de las PYMES.....	2
1.2.1 Ventajas y desventajas de las PYMES	3
1.3 Clasificación de las empresas	4
1.4 Información estadística de las PYMES	5
1.4.1 Principales resultados.....	5
1.5 Resumen.....	11
CAPÍTULO 2 MANUFACTURA ESBELTA.....	13
2.1 Introducción.....	13
2.2 Antecedentes	13
2.3 Concepto de Manufactura Esbelta.....	14
2.4 Herramientas de Manufactura Esbelta.....	16
2.4.1 5S	16
2.4.2 Kanban	20
2.4.3 Sistema Pull o Jalar	23
2.4.4 Célula de Manufactura.....	24
2.4.6 Sistema ANDON.....	24
2.4.6 Mantenimiento Productivo Total.....	25
2.4.7 Justo a Tiempo	26
2.4.8 SMED	27
2.4.9 Poka Yoke	28
2.4.10 Trabajo Estandarizado.....	28
2.4.11 Jidoka	29
2.4.12 Heijunka.....	30
2.4.13 Kaizen.....	31
2.5 Resumen.....	32
CAPÍTULO 3 SEIS SIGMA	33
3.1 Introducción.....	33
3.2 Antecedentes	33
3.3 Concepto de Seis Sigma	34
3.4 Fases de Seis Sigma.....	36
3.4.1 Fase 1. Definir	36
Diagrama de Flujo.....	36
Tormenta de Ideas.....	37
3.4.2 Fase 2. Medir.....	38
Diagrama de Dispersión.....	38
Histograma	39
Hoja de Comprobación	40
Diagrama de Pareto.....	41
3.4.3 Fase 3. Analizar.....	42
Diagrama de Afinidad	42

Diagrama de Árbol	43
Diagrama de Matriz.....	44
Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto).....	46
Diagrama de Relaciones.....	47
3.4.4 Fase 4. Mejorar.....	48
Diagrama de Proceso de Decisión.....	48
Matriz de Priorización	49
3.4.5 Fase 5. Controlar	51
Diagrama de Flechas.....	51
Gráficos de Control de Procesos	52
Gráficos de Control por Variables	52
Gráficos de Control por Variables (Medias, R).....	54
Gráficos de control por variables (medias,D.Típicas).....	55
Gráficos de control por variables (XL,RM)	57
Gráficos de control por atributos	58
Gráficos de control por atributos “P”.....	59
Gráficos de control por atributos “NP”.....	61
Gráficos de control por atributos “C”	62
Gráficos de control por atributos “U”	63
3.5 Resumen.....	64
CAPÍTULO 4 INTEGRACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA Y SEIS SIGMA MEDIANTE UN CASO DE ESTUDIO	66
4.1 Introducción.....	66
4.2 Antecedentes	66
4.3 Diagnóstico de la situación actual.....	68
4.3.1 Organigrama.....	68
4.3.2 Diagnóstico de los procesos	69
Lay Out.....	69
Análisis de los problemas	88
4.4 Problemas de la empresa	93
4.5 Resumen.....	95
CONCLUSIONES	96
ANEXOS.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	102

ANTECEDENTES

En los últimos años, las empresas mexicanas han implementado, métodos, filosofías y/o técnicas de mejora en sus procesos de manufactura y operaciones en general, obteniendo grandes beneficios, en la mejora de la calidad, productividad, reducción de costos y en su competitividad.

Sin embargo, las empresas mexicanas no han transformado sus culturas corporativas, es decir, no son conscientes de que es necesario realizar un cambio de mentalidad para lograr que sus sistemas de gestión general puedan reducir los efectos de la falta de competitividad que vive nuestra nación, así como mejorar la productividad y la calidad de los productos y servicios que se desarrollan en nuestros mercados y por consiguiente reducir los altos costos operativos e ineficiencias, rompiendo así mismo paradigmas de que no pueden competir con otras empresas de mayor posicionamiento, tanto nacionales como extranjeras.

Frente a este panorama, la implantación del concepto de Manufactura Esbelta es una alternativa altamente factible para la industria mexicana, desde las PYMES hasta las grandes empresas.

Los principios de Manufactura Esbelta son viables para la gestión de una nación como la nuestra, donde el desperdicio es constante en cada una de nuestras actividades cotidianas. Este sistema ha sido definido como una metodología - filosofía de excelencia y mejora continua - orientada a eliminar el desperdicio y actividades que no le dan valor agregado a los procesos para la fabricación, distribución y comercialización de productos y/o servicios, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando aquellas actividades y subprocesos que no se requieren, permitiendo a las empresas reducir costos, mejorar procesos, eliminar desperdicios, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Los sistemas de mejora deben complementarse a sí mismos y una forma de hacerlo es sumando nuevos sistemas que incrementen el potencial de las empresas, es decir, una sinergia generada por dos técnicas; para nuestro caso de estudio emplearemos Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

Esta última técnica es un proceso estructurado y disciplinado, guiado por datos, cuyo objetivo es mejorar el rendimiento y funcionamiento de una empresa, mediante el uso de sus herramientas para mejorar los procesos, puede emplearse tanto en las pequeñas como en las grandes empresas. En Seis Sigma es importante tomar en cuenta al cliente, ya que se requiere de la recopilación de datos externos para realizar una mejora basada en las necesidades que requiere el mercado.

Las empresas hoy en día requieren de una filosofía empresarial que posibilite el mejorar de manera integral la posición competitiva en un entorno de mercado voraz que en mayor o en menor medida, exige a las empresas mayores requerimientos de calidad y variedad de productos, así como rapidez en tiempos de entrega, desarrollo e innovación, precios más bajos y en algunos casos, fabricación de productos a la medida.

En conclusión, tomando en cuenta que todas las empresas PYMES requieren mejorar sus procesos y su competitividad, se estudiará la factibilidad de la aplicación de las técnicas antes mencionadas a las PYMES mexicanas y se analizará mediante un caso de estudio si se puede hacer uso de una o varias de las herramientas que conforman cada una de éstas técnicas, dependiendo de las necesidades tanto del mercado como de la empresa.

OBJETIVO

“Proponer técnicas a las PYMES mexicanas para mejorar sus procesos y con ello su posición competitiva”

HIPÓTESIS

El empleo conjunto de Manufactura Esbelta y Seis Sigma permitirá identificar, cuantificar y analizar las fallas que el proceso tenga, y según los problemas que haya que resolver, se emplearán las herramientas necesarias que proporcionan cada una de estas técnicas.

JUSTIFICACIÓN

Las técnicas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma se han utilizado en algunas empresas establecidas en México y han tenido mucho éxito, tal es el caso de Motorola, GE Mabe Quantum, Johnson Controls, entre otras, y las han implementado como una alternativa para mejorar su productividad, costos y posición competitiva. Por lo que se realizará un estudio para ver la factibilidad de implantar la sinergia positiva de éstas técnicas a las PYMES mexicanas. Tal vez no apliquen las mismas herramientas para cada una de las empresas, porque sus necesidades son diferentes, pero las que se utilicen les van a traer grandes beneficios y van a ser de gran ayuda para mejorar los procesos, reducir costos, así como también, aumentar la calidad de sus productos o servicios.

CAPÍTULO I

LAS PYMES EN MÉXICO

1.1 INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES), tienen una gran importancia en la economía, en el empleo a nivel nacional y regional, tanto en los países industrializados como en los de menor grado de desarrollo.

Las empresas PYMES representan a nivel mundial el segmento de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y personal ocupado; de ahí la relevancia que reviste este tipo de empresas y la necesidad de fortalecer su desempeño, al incidir éstas de manera fundamental en el comportamiento global de las economías nacionales; de hecho, en el contexto internacional se puede afirmar que el 90% o un porcentaje superior de las unidades económicas totales está conformado por las MIPYMES.¹

Los criterios para clasificar a la pequeña y mediana empresa son diferentes en cada país, de manera tradicional se ha utilizado el número de trabajadores como criterio para estratificar los establecimientos por tamaño y como criterios complementarios, el total de ventas anuales, los ingresos y/o los activos fijos.

Las empresas en la actualidad tienen que ser eficientes, competitivas y ofrecer productos y/o servicios de calidad; ya que las condiciones del mercado, tanto a nivel nacional e internacional demandan de las empresas mejorar la calidad; para que las mismas puedan lograrlo tienen que desarrollar y modernizar las capacidades productivas y administrativas, lo que genera mejores condiciones en las que la empresa trabaja, lo que puede aumentar la creación de negocios en su entorno.

La globalización económica, como fenómeno mundial, se va a relacionar con todos los países del orbe, es por ello, que al Estado (en cada caso particular) le corresponde crear las condiciones necesarias y adecuadas con la finalidad de que puedan incorporarse al proceso mundial globalizado en las mejores condiciones.

La experiencia, el nivel académico de los empresarios y el conocimiento y aplicación de métodos administrativos y organizacionales resultan elementos clave para formular estrategias de fomento industrial.

1.2 ANTECEDENTES

La definición de una empresa sin importar su tamaño, ni su lugar de origen, es igual en cualquier parte del mundo, ya que dentro de su definición, siempre gozará de los mismos componentes necesarios para que pueda decirse que es una empresa.

Por consiguiente se definirá a la empresa como:

“Una unidad económica de producción y decisión que mediante la organización y coordinación de una serie de factores (capital y trabajo) persigue obtener un beneficio produciendo y comercializando productos o prestando servicios en el mercado”.²

¹ Censos Económicos 2004 INEGI

² (Andersen, Arthur, “Diccionario de economía y negocios”, 1999).

Por lo tanto cualquier empresa contará con las siguientes características:

- Cuentan con recursos humanos, de capital, técnicos y financieros
- Realizan actividades económicas referentes a la producción, distribución de bienes y servicios que satisfacen necesidades humanas
- Planean sus actividades de acuerdo a los objetivos que desean alcanzar
- Son una organización social muy importante que forman parte del ambiente económico y social de un país
- Son un instrumento muy importante del proceso de crecimiento y desarrollo económico y social
- Para sobrevivir debe de competir con otras empresas, lo que exige: modernización, racionalización y programación
- El modelo de desarrollo empresarial reposa sobre las nociones de riesgo, beneficio y mercado
- Se encuentran influenciadas por todo lo que suceda en el medio ambiente natural, social, económico y político, al mismo tiempo que su actividad repercute en la propia dinámica social

1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS PYMES

De manera muy general todas las pequeñas y medianas empresas (PYMES) comparten casi siempre las mismas características, por lo tanto, se podría decir, que estas son las características generales con las que cuentan las PYMES:

- El capital es proporcionado por una o dos personas que establecen una sociedad y por lo general son de carácter familiar
- Los propios dueños dirigen la marcha de la empresa; su administración es empírica
- Dominan y abastecen un mercado más amplio, aunque no necesariamente tiene que ser local o regional, ya que muchas veces llegan a producir para el mercado nacional e incluso para el mercado internacional
- Obtienen algunas ventajas fiscales por parte del Estado que algunas veces las considera causantes menores dependiendo de sus ventas y utilidades
- Su tamaño es pequeño o mediano en relación con las otras empresas que operan en el ramo
- Personal poco calificado o no profesional
- Poca visión estratégica y capacidad para planear a largo plazo
- Falta de información acerca del entorno y el mercado
- Falta de innovación tecnológica, puede deberse a falta de recursos, o por no contar con el espíritu innovador necesario
- Falta de políticas de capacitación, se considera un gasto, no una inversión, al no poder divisar las ventajas a largo plazo que puede generar
- Tienden a realizar sus procesos de la misma forma con la idea de que cuando un método no funciona mal, se mantiene sin analizar si existen otros mejores
- Falta de liquidez

1.2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS PYMES

Los estudios para identificar los problemas de las PYMES mezclan dos tipos de enfoques: el interno y el externo; el enfoque externo se caracteriza por problemas que afectan a las PYMES, pero que son más bien del tipo macroeconómico y en donde las PYMES no tienen influencia en su solución, mientras que el enfoque interno, se caracteriza por problemas derivados de la gestión propia del negocio y del sector económico al que pertenece, y donde la PYME es responsable de la solución y de la mejora.

Es de vital importancia conocer las fuerzas y debilidades que muestran este tipo de empresas, que según su tamaño determinan algunas de sus ventajas o desventajas para su desarrollo como empresa.

Ventajas de las pequeñas empresas

- Capacidad de generación de empleos
- Asimilación y adaptación de tecnología
- Contribuyen al desarrollo regional por su establecimiento en diversas regiones
- Fácil conocimiento de empleados y trabajadores, facilitando resolver los problemas que se presentan por la baja ocupación de personal
- Mantiene una unidad de mando permitiendo una adecuada vinculación entre las funciones administrativas y operativas
- Producen y venden artículos a precios competitivos, ya que sus gastos no son muy grandes y sus ganancias no son excesivas

Desventajas de las pequeñas empresas

- Les afectan con mayor facilidad los problemas que se suscitan en el entorno económico como la inflación y la devaluación
- Viven al día y no pueden soportar periodos largos de crisis en los cuales disminuyen las ventas
- Son más vulnerables a la fiscalización y control gubernamental, siempre se encuentran temerosos de las visitas de los inspectores
- La falta de recursos financieros los limita ya que no tienen fácil acceso a las fuentes de financiamiento
- Su administración no es especializada, es empírica y por lo general la llevan a cabo los propios dueños
- Por la propia inexperiencia administrativa del dueño, éste dedica un número mayor de horas al trabajo, aunque su rendimiento no es muy alto
- Falta de estructura formal, falta de sistematización de sus operaciones y actividades, falta de políticas escritas, falta de supervisión y de estándares de desempeño
Las PYMES carecen de sistemas de planeación, organización, administración y control eficientes
- Falta de capacitación, excesiva rotación de personal, falta de seguridad e higiene
- Falta de conocimiento real de su competencia, falta de utilización de técnicas mercadológicas para dar a conocer su producto y adecuarlo a las necesidades del consumidor
- Escasez de registros contables, costos mal determinados y precios que no cubren los costos totales

Ventajas de las medianas empresas

- Tienen una gran movilidad, permitiéndoles ampliar o disminuir el tamaño de la planta, así como cambiar los procesos técnicos necesarios
- Por su dinamismo tienen posibilidad de crecimiento y de llegar a convertirse en una grande empresa
- Absorben una porción importante de la población económicamente activa, debido a su gran capacidad de generar empleos
- Asimilan y adaptan nuevas tecnologías con relativa facilidad
- Se establecen en diversas regiones del país y contribuyen al desarrollo local y regional por sus efectos multiplicadores
- Cuentan con una buena administración, aunque en muchos casos influenciada por la opinión personal del o los dueños del negocio

Desventajas de las medianas empresas

- Mantienen altos costos de operación
- No se reinvierten las utilidades para mejorar el equipo y las técnicas de producción
- Falta de capacitación, excesiva rotación de personal, falta de seguridad e higiene
- Sus ganancias no son elevadas; por lo cual, muchas veces se mantienen en el margen de operación y con muchas posibilidades de abandonar el mercado
- Algunos otros problemas como: ventas insuficientes, debilidad competitiva, mal servicio, mala atención al público, precios altos, activos fijos excesivos, mala ubicación, descontrol de inventarios, problemas de impuestos y falta de financiamiento adecuado y oportuno
- Falta de apoyo y financiamiento por parte de las instituciones financieras nacionales y más aún las internacionales

Para el caso de las medianas empresas, podemos darnos cuenta que padecen casi los mismos problemas que las pequeñas empresas, pero, a niveles más complicados.

Todo lo antes mencionado, también se aplica a las PYMES que se dedican a exportar, ya que, el hecho de que estas empresas exporten, no cambia su entorno general, sólo cambia su entorno en los procesos productivos, derivada de la exigencia de ciertas normas para la exportación de mercancías, como lo es la calidad, pero, en cuestión de características generales, ventajas y desventajas, son aplicables a todo tipo de empresa.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS

Existen a nivel internacional distintas definiciones de las micros, pequeñas y medianas empresas, dependiendo de las diferentes agencias clasificadoras. La diversidad de criterios para definir a las PYMES a nivel mundial tiene que ver finalmente con características políticas y económicas de cada nación.

En México se clasifican en función del número de empleos y de acuerdo al sector económico al que pertenecen:

Tamaño	Industria	Comercio	Servicios
Micro	0 a 10	0 a 10	0 a 10
Pequeña	11-50	11-30	11-50
Mediana	51-250	31-100	51-100
Grande	251 y más	101 y más	101 y más

Fuente: INEGI, Censos Económicos, 2004

Para nuestro caso de estudio utilizaremos los datos que nos proporciona el INEGI. De acuerdo con algunas cifras oficiales, el 98% del total de empresas mexicanas son MIPYMES, las cuales tienen la siguiente distribución por sector económico:

Sector	Porcentaje
Manufactura	12
Comercio	49
Servicios	39
<i>Total</i>	<i>100</i>

Fuente: INEGI, Censos Económicos, 2004

1.4 INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS PYMES

Durante el año 2002, la Secretaría de Economía (SE) –en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Universidad de Bologna en Argentina y el INEGI–levantaron la encuesta del Observatorio PYME.³

Esta encuesta agrupa a un panel de mil pequeñas y medianas empresas mexicanas de los sectores manufactureros, comercio y servicios.

La información que proporciona la encuesta del Observatorio PYME permite conocer, entre otros aspectos:

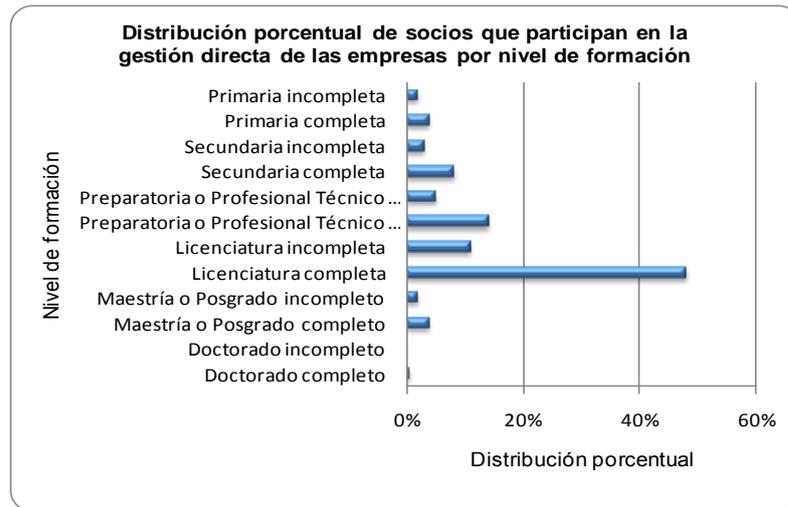
- Perfil del empresario
- Características de la empresa
- Características laborales en la empresa
- Inversiones y financiamiento en la empresa
- Clientes y proveedores
- Estrategias empresariales
- Utilización de programas gubernamentales

1.4.1 PRINCIPALES RESULTADOS

➤ **Perfil del Empresario**

- *Rango de edad.* El 45% de los socios que participan en la gestión directa de las empresas se encuentra entre los 40 y 59 años de edad
- *Nivel de formación.* El 48% de los socios cuenta con el grado de Licenciatura completa, como se muestra en la gráfica siguiente:

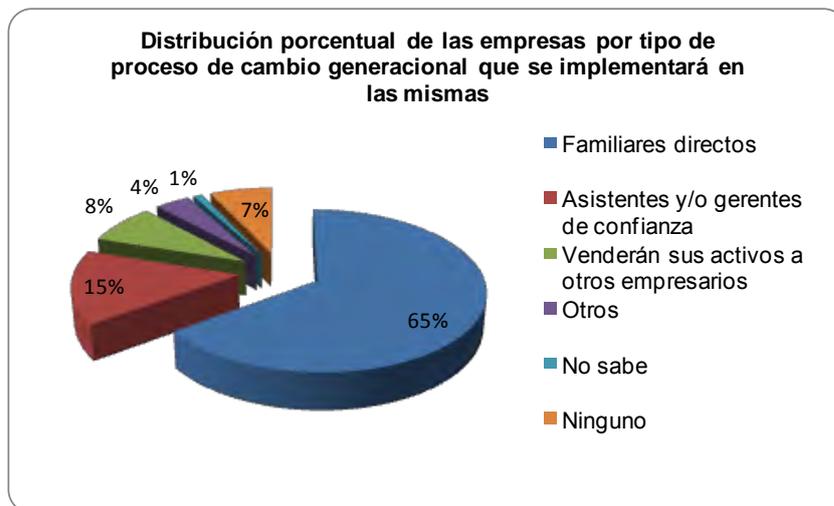
³ OBSERVATORIO PYME www.cipi.gob.mx



Gráfica 1

➤ **Características de la Empresa**

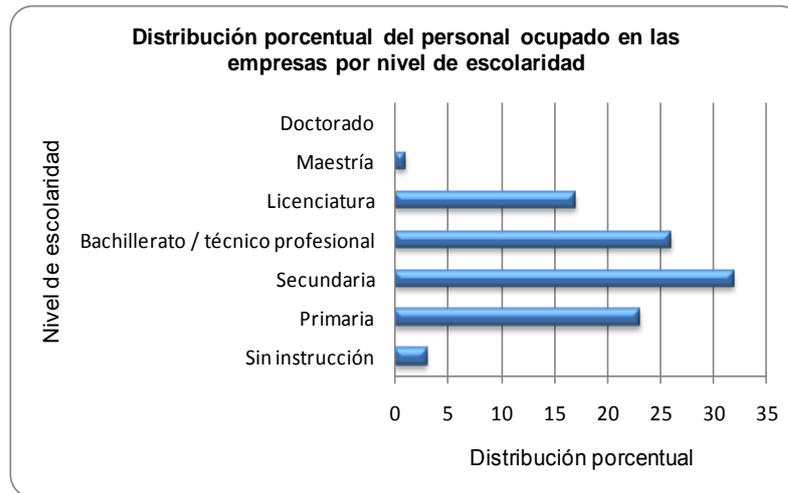
- *Tipo de empresa.* El 65% de las PYMES en México son de carácter familiar



Gráfica 2

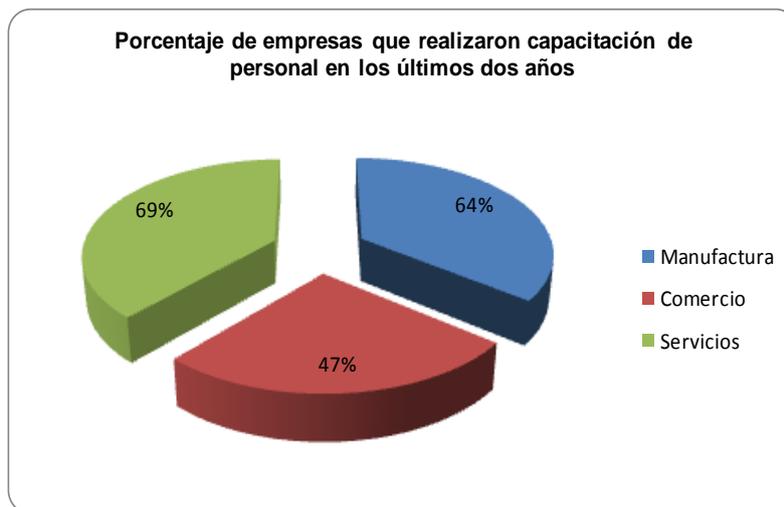
➤ **Características Laborales**

- *Nivel de formación de los empleados.* El 31% de los empleados cuenta con secundaria terminada; el 26% con bachillerato o una carrera técnica y el 23% con primaria



Gráfica 3

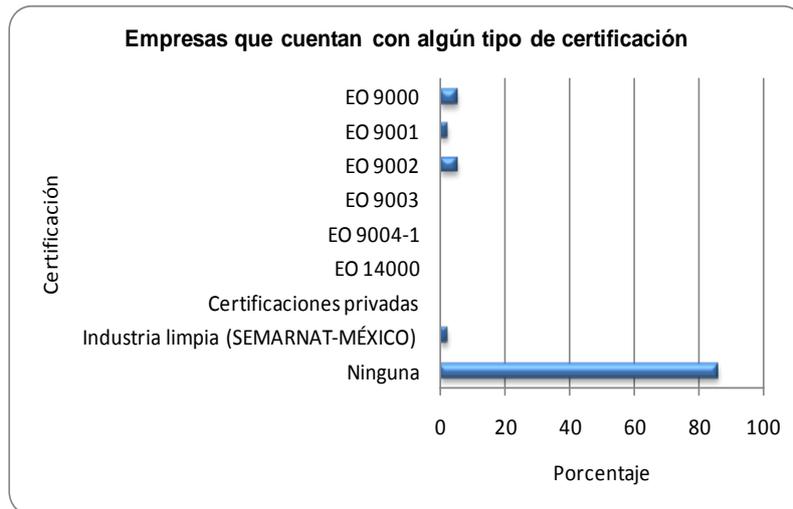
- **Capacitación.** La capacitación de los empleados y los directivos de las PYMES resulta una práctica importante:



Gráfica 4

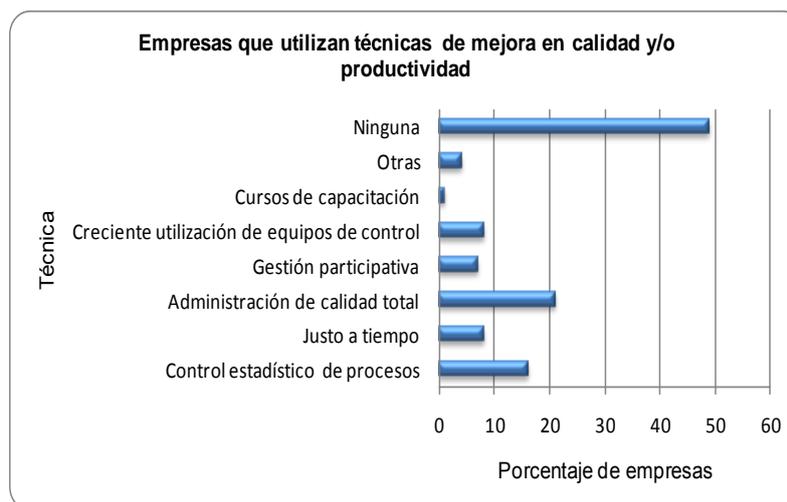
➤ **Debilidades de la empresa**

- **Falta de una cultura de calidad.** Más del 80% de las PYMES no cuenta con algún tipo de certificación



Gráfica 5

- *Uso de técnicas de mejora en calidad y/o productividad.* Cerca del 50% de las empresas no utiliza algún tipo de técnica de calidad o productividad



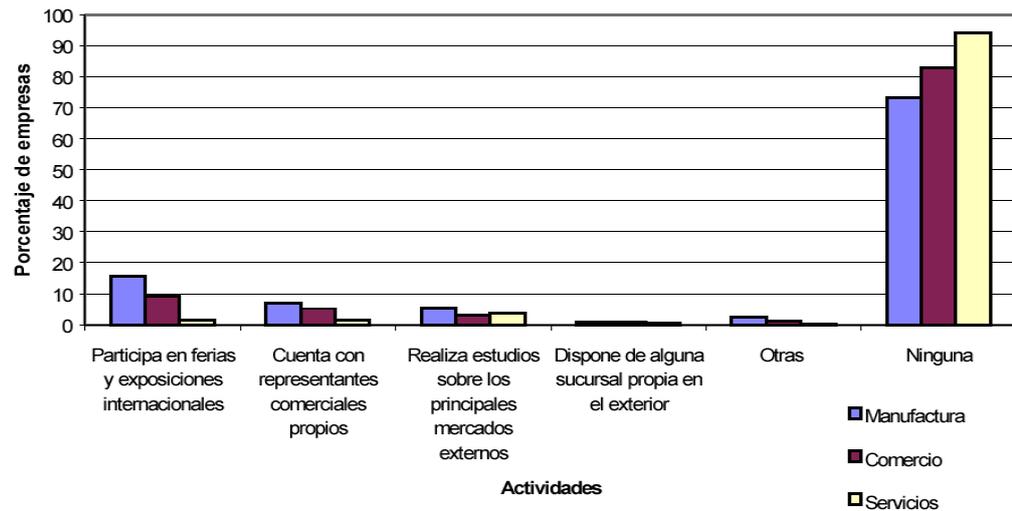
Gráfica 6

- *Bajo grado de inversión.* Este factor se encuentra íntimamente ligado a la situación de incertidumbre que ha prevalecido tanto en nuestro país como en el resto del mundo, ocasionando un freno a las inversiones durante el año 2001 con respecto al 2000

➤ **Necesidades de la empresa**

1. Exportaciones

- *Falta de información y apoyos para la exportación.* Las PYMES mexicanas establecen que factores tales como, la escasez y alto costo de fletes, la lentitud en las operaciones debido a los excesivos trámites aduaneros; así como los altos aranceles en los mercados de destino han limitado sus exportaciones; ya que únicamente el 9% de estas empresas ha logrado consumir esta actividad en los últimos dos años. El 83% de las empresas no realiza actividad alguna para consolidar su presencia en el exterior. Lo anterior se puede apreciar en la gráfica siguiente por sector de actividad.



Gráfica 7

2. Financiamiento

- *Baja participación del sector financiero en el otorgamiento de créditos a estas empresas.* Únicamente el 13% de las PYMES ha solicitado algún tipo de crédito bancario en los dos últimos años; de este porcentaje, el 76% ha recibido dicho crédito.

Así mismo, establecen que las principales causas por las cuales se les niega el crédito son:

- ✓ El desinterés del banco hacia el sector,
- ✓ La falta de garantías, y
- ✓ La indiscutible falta de información en esta materia.

3. Apoyos gubernamentales

- *Falta de información sobre programas y apoyos públicos.* El total desconocimiento de los programas públicos es una cuestión imperante en las PYMES mexicanas, ya que el 86 % de las mismas señala, no conocer los programas de apoyo federales, estatales, y/o municipales; y tan sólo el 12.65 % de éstas los conoce, pero no los ha utilizado. El 1.8% de las PYMES los conoce y ha utilizado.

La tabla que a continuación se presenta, muestra el bajo grado de conocimiento y uso de los programa públicos por parte de este tipo de empresa:

Programas	Conoce y ha utilizado	Conoce y no ha utilizado	No conoce
A) FEDERALES			
Centro de Asesoría Empresarial Primer Contacto (SE)	1.04	5.84	93.12
Red Nacional de Centros Regionales para la Competitividad Empresarial CENTRO-CRECE(SE)	2.32	9.23	88.45
Fondo de Apoyo a la Micro, Pequeña y Mediana Empresa FAMPYME (SE)	1.05	25.39	73.56
Fondo de fomento a la Integración de Cadenas Productivas FIDECAP (SE)	0.41	3.2	96.39
Cómite Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica COMPITE (SE)	2.08	7.41	90.51
Programa de Capacitación y Modernización del Comercio Detallista PROMODE (SE)	0.23	4.99	94.78
Programa de Promoción Sectorial PROSEC (SE)	0.37	5.89	93.73
Programa de Apoyo a la Capacitación, antes denominado Calidad Integral y Modernización CIMO(STPS)	4.06	9.57	86.37
Programa de Modernización Tecnológica PMT (CONACYT)	0.52	5.75	93.74
Programa de Cadenas Productivas (NAFIN)	1.48	10.69	87.83
Financiamiento NAFIN	2.06	29.83	68.1
Programa para establecer sistemas de aseguramiento de calidad en las micro, pequeñas y medianas empresas, ISO-9000 (SE)	4.71	27.23	68.06
Financiamiento (BANCOMEXT)	1.58	30.08	68.34
Servicios de Asistencia Técnica y Promoción para la Exportación (BANCOMEXT)	2.65	22.37	74.97
Programa Nacional de Auditoría Ambiental PNAA (SEMARNAT)	4.64	16.09	79.27
B) ESTATALES	1.19	1.23	97.58
C) MUNICIPALES	0.14	0.34	99.52

Fuente: INEGI 2004

Aunado a lo anterior, las PYMES consideran que los programas públicos deberían enfocarse principalmente a tres temas específicos

- Adquisición de bienes de capital (maquinaria, edificios y herramientas)
- Integración de capital humano
- Contratación de consultores expertos en organización productiva y dirección de empresas

Según los resultados de los Censos Económicos 2004, en 2003 había en México 3 millones 5 mil 157 unidades económicas que realizaron alguna actividad económica objeto de censo, en las cuales laboraron 16 millones 239 mil 536 personas.

De estos totales, el 97.2% de las unidades económicas y el 88.8% del personal ocupado corresponden en conjunto a la industria manufacturera, al comercio y a los servicios.⁴

En el 2002 la población empleada en México superó los 10 millones (trabajadores registrados en el IMSS).

Las PYMES contribuyen con más del 40 por ciento del PIB de México. En 2001 México alcanzó un PIB de alrededor de 600 mil millones de dólares. Contribuyeron al PIB con alrededor de 240 mil millones de dólares.⁵

1.5 RESUMEN

En este capítulo podemos señalar que las PYMES son fundamentales en la economía del país, principalmente en términos de empleo contribuyendo al crecimiento económico, desarrollo regional y participación en el comercio internacional de México, de ahí la necesidad de fortalecer su desempeño.

Como consecuencia, muchos gobiernos e instituciones privadas han puesto en marcha políticas y programas para promover a este segmento empresarial. La segmentación de las PYMES varía entre países e incluso entre sectores económicos. Las PYMES son un sector muy dinámico, dentro del cual continuamente muchas empresas nacen y mueren, por lo que tienen que trabajar al día intentando sobrevivir a todos aquellos factores que le afectan.

Como se observaron en los resultados mostrados anteriormente, una gran parte de las PYMES son de carácter familiar y por lo general estas empresas no cuentan con certificación en calidad, también se observa que gran parte de las PYMES está enfocada a las actividades de comercio principalmente, seguidas de servicios y manufactura.

Analizando las ventajas y desventajas de las PYMES en México concluimos que una de sus carencias principales es la poca información empresarial, y vinculación con el Gobierno lo que deriva de la falta de apoyos y financiamiento, ya que la falta de información por parte de las PYMES propicia la no integración de todos sus recursos (financieros, humanos y materiales).

No existen procedimientos, técnicas y normas que le ayuden a asegurar el éxito en forma rápida. El tiempo que dedica a estas actividades es mínimo y la mayoría de los casos se debe a la falta de desconocimiento de ellas. Por lo tanto las PYMES requieren de un fortalecimiento estructural que garantice su éxito como: auxiliarlas en cuanto a la gestión de empresas, capacitación empresarial, financiamientos, etc.

⁴ Censos Económicos 2004 INEGI

⁵ Secretaría de Economía

Las PYMES son empresas demasiado vulnerables, y los dueños deben de fortalecer las debilidades que tengan y aprovechar las oportunidades que se les presenten.

En el ámbito nacional, el Estado debe de propiciar las condiciones para que las PYMES puedan seguir cumpliendo con su papel fundamental en los diferentes aspectos ya señalados anteriormente. Este es responsable de apoyar e impulsar al sector industrial en nuestro país, sobre todo al sector más pequeño como son las PYMES. Para tal efecto el Estado define un Plan Nacional de Desarrollo, en el que especifica un programa Sectorial para el fomento de las micro, pequeñas y medianas empresas, en el cual participan un sinnúmero de dependencias públicas como: la Secretaría de Economía, Nacional Financiera, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, entre otras.

Así mismo, la CONACYT ha creado planes para impulsar el desarrollo de nuevas ideas, pero a pesar de que se han conjuntado esfuerzos para apoyar a las PYMES, éstos aún no son suficientes.

Lo que hace falta es continuar acrecentando el apoyo por parte del gobierno, así como buscar el instaurar las políticas necesarias para que se fomenten el desarrollo de las PYMES. En México, hoy en día es relevante para el desarrollo económico del país considerar a la gestión empresarial y la capacitación de mano de obra industrial.

CAPÍTULO 2

MANUFACTURA ESBELTA

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se darán a conocer los orígenes de la Manufactura Esbelta, así como la descripción de sus herramientas: definición, objetivo y beneficios.

Manufactura Esbelta es una filosofía enfocada a la reducción de desperdicios que proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige alta calidad, entrega rápida a menor precio y en la cantidad requerida. La globalización de la economía ha causado una mayor competitividad en todas las actividades de negocios, por lo que la industria enfrenta una constante reducción en márgenes de utilidad para poder permanecer en el mercado.

Cada pequeño ahorro que se logre, contribuye a mejorar la economía de la empresa y de su comunidad. Es el momento de hacer el mejor uso de todos los recursos.

Manufactura Esbelta es una buena posibilidad para lograr que las empresas mejoren en aquello que hacen, así como generar una cultura organizacional, mediante el aprovechamiento y administración de los recursos financieros, materiales y humanos; así mismo las ideas fundamentales de Manufactura Esbelta son universales (aplicables en cualquier lugar por cualquier persona).

Es de vital importancia responder a las necesidades del cliente, por lo que las herramientas que emplea Manufactura Esbelta pueden ser de gran ayuda para satisfacer dichas necesidades, y así lograr ser una empresa rentable, lo que implica reducir costos, reducir tiempos de entrega, incrementar la confiabilidad, mejorar la flexibilidad, mejorar la velocidad de respuesta, tener una calidad en el producto y excelente servicio, así como mejorar la productividad del Sistema Total.

La Manufactura Esbelta es el presente y el futuro de la industria de clase mundial.

2.2 ANTECEDENTES

Si se realizara una búsqueda histórica es posible encontrar que los principios de Manufactura Esbelta han estado presentes en la vida diaria desde hace mucho tiempo, Benjamín Franklin una vez habló acerca del tiempo perdido, incluso llegó a hablar de la carga innecesaria de inventario (Franklin 1986).

El concepto de desperdicio en el trabajo fue detectado por Frank Gilbreth (pionero del Estudio de los movimientos de las personas). También se puede citar a Frederick Taylor, que se enfocaba a la reducción del tiempo de los procesos, a encontrar la mejor forma de hacer las cosas. Él introdujo el estudio de tiempo y movimientos.

No fue sino hasta la primera mitad del siglo XX, en donde la producción en masa fue la pauta a seguir por las empresas manufactureras. La producción en grandes volúmenes requería contar con extensas bodegas para almacenar enormes existencias de materia prima, componentes y producto terminado las cuales reducían el efecto de las interrupciones en el sistema de producción. Dichas interrupciones eran debidas a la falta de sistemas logísticos, a las entregas retrasadas de los proveedores, a los materiales y productos de baja calidad y a la ineficiencia dentro del propio proceso de producción.

Por otro lado Shingo en 1955 empezó a trabajar en cambios rápidos de modelo para una planta de barcos de Mitsubishi donde logró duplicar la salida de la línea de motores, por los 60's trabajando en Matsushita desarrolló lo que hoy se conoce como Poka-Yoke o también dicho a prueba de errores, y en 1969 nació el SMED cuando redujo el tiempo para cambios de puesta en marcha en una prensa de 1000 toneladas de 4 horas a 3 minutos.

En los años sesenta y setenta los japoneses identificaron que tal como sucedía en occidente, en la industria manufacturera se iban a presentar altibajos que afectarían su curva de crecimiento. Los grandes espacios para almacenar, los inventarios y la imposibilidad de responder rápidamente a cambios en las tendencias de compra, llevó a los dirigentes de los negocios a buscar metodologías para mejorar la flexibilidad de los procesos fabriles y encontrar la ventaja competitiva. Fue en esta búsqueda que Toyota con el "Sistema de Producción Toyota (SPT)" inició el cambio de la concepción de los procesos de manufactura y generó el fundamento de lo que es Manufactura Esbelta, inspirada en los principios de William Edwards Deming.

Este sistema fue desarrollado por la Toyota Motor Corporation como una forma de eliminar el desperdicio dentro de las consecuencias del embargo petrolero de 1973. El principal propósito es el mejoramiento de la productividad y la reducción de los costos siguiendo los pasos del sistema de Taylor de administración científica y de la línea de ensamble en masa de Ford. Pero el enfoque del SPT es más amplio ya que se dirige no solo a los costos de manufactura sino también a los costos de ventas, y administrativos y de capital. Toyota pensó que era riesgoso adoptar el sistema de producción de Ford, que funciona muy bien en tiempo de alto crecimiento. En tiempos de menor crecimiento, se volvió más importante prestar atención a la eliminación del desperdicio, la disminución de costos y el incremento de la eficiencia. Por lo que el Sistema de Producción Toyota identifica siete tipos de desperdicios que se mencionarán más adelante.

Este sistema tiene varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

2.3 CONCEPTO DE MANUFACTURA ESBELTA

Manufactura Esbelta es una técnica que utiliza un conjunto de herramientas que ayudan a eliminar las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

OBJETIVO

Desarrollar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías eliminar los desperdicios en todas las áreas, reducir sus costos, mejorar los procesos, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Este sistema se distingue por los siguientes principios:

- Especificar el valor para el cliente
- Eliminar todos los pasos innecesarios en toda cadena de valor

- Crear flujo de valor, que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor
- Integrar y motivar a los empleados
- Perseguir la perfección continuamente

Tres términos son comúnmente utilizados en el Sistema de Producción Toyota (SPT, llamados las 3 M's) que colectivamente ayudan a identificar los desperdicios a ser eliminados:

Muda. Actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente

Mura. Desigualdad en la operación

Muri. Sobrecargar equipos u operadores solicitándoles que corran a un nivel más alto del cual están diseñados o bien permitidos

Para eliminar el desperdicio, primero debe ser identificado. Existen siete tipos de desperdicios (MUDA) principales, según la clasificación desarrollada por Ohno (Padre del Just in Time):

- Sobreproducción. Hacer más de lo que el cliente ha solicitado
- Espera. Cualquier momento en el que el valor no puede ser agregado por causa del retraso
- Transportación. Mover el producto más de lo que es necesario
- Sobreprocesamiento. Hacer más cosas al producto de las que el cliente pidió
- Inventario. Más producto a la mano del que el cliente necesita
- Movimientos. Cualquier movimiento que no agrega valor al producto
- Productos defectuosos. Cualquier cosa no hecha bien a la primera que requiera retrabajo o inspección. Incluye scrap y asuntos de apariencia.

Una vez identificados qué tipo de desperdicios se tienen hay que atacarlos para eliminarlos.

¿CÓMO?

Mediante la aplicación de diferentes herramientas cada una de las cuales brinda elementos que pueden ser útiles en diferentes aspectos.

BENEFICIOS

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que emplea diferentes herramientas. Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción de tiempos de entrega
- Mejor calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo

2.4 HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

Dentro de las herramientas que se utilizan para la reducción de desperdicios por medio de la Manufactura Esbelta se encuentran:

2.4.1 5S

Las 5S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestras vidas cotidianas y no son parte exclusiva de una “cultura japonesa” ajena a nosotros, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tenemos tendencia a practicar o hemos practicado las 5S aunque no nos demos cuenta. Las 5S son:

- Seiri: Clasificar
- Seiton: Ordenar
- Seiso: Limpiar
- Seiketsu: Estandarizar
- Shitsuke: Disciplinar

Objetivo

El objetivo central de las 5S es lograr un funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los respectivos centros de trabajo, manteniendo a estos, más limpios, organizados y seguros.

Beneficios

- Mayores niveles de seguridad
- Mayor aseguramiento de la calidad
- Tiempos de respuesta más cortos
- Aumento en la vida útil de los equipos
- Genera cultura organizacional
- Reducción en producción de defectos, lo que a su vez disminuye gastos

Seiri (Clasificar). Consiste en retirar del área de trabajos aquellos elementos que no son necesarios para la realización de la labor correspondiente ya sea en áreas de producción o administrativas. Se clasifican elementos innecesarios (utilizables en otra operación) y los inútiles que pueden ser descartados.

¿Cómo?

- Haciendo inventarios de las cosas útiles en el área de trabajo, eliminando lo excesivo
- Entregar un listado de las herramientas o equipos que no sirven en el área de trabajo y organizar las herramientas en lugares donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible
- Desechando las cosas inútiles
- Eliminar elementos que afecten el funcionamiento de los equipos y que pueden generar averías
- Eliminar información innecesaria que pueda conducir a errores de interpretación o actuación

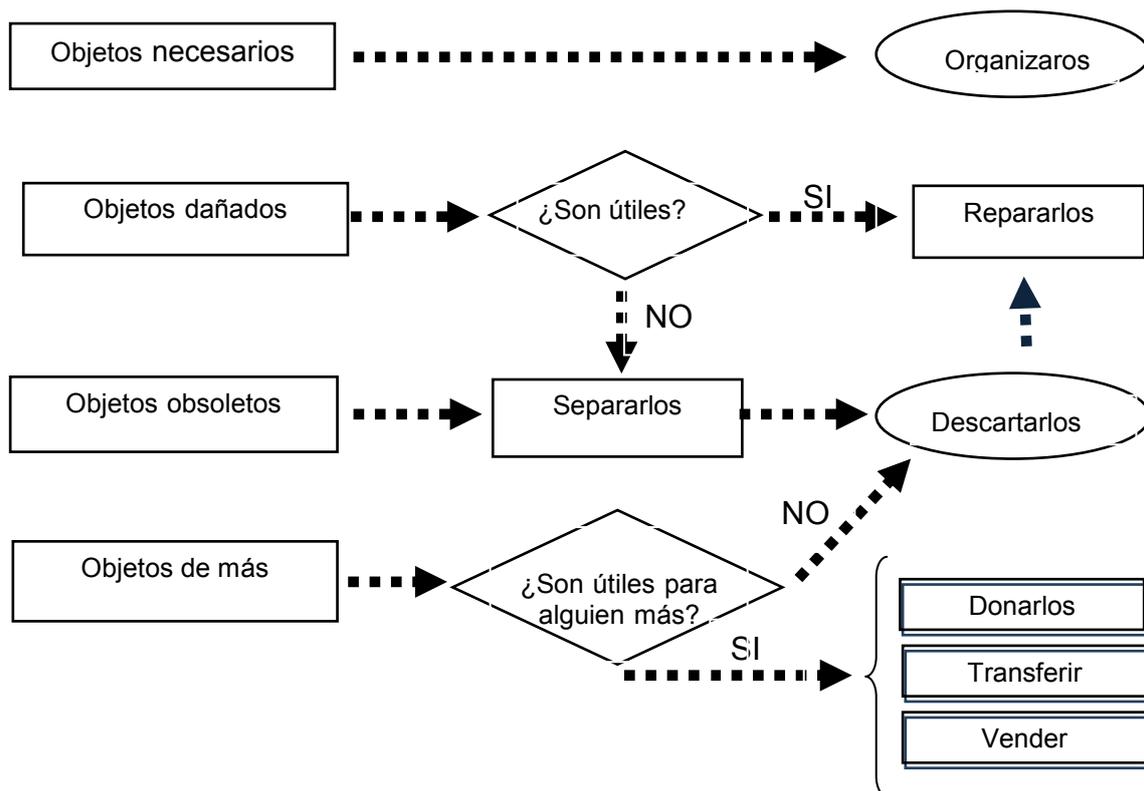


Figura 2.1 Diagrama de Flujo para la Clasificación

Siguiendo el Diagrama de Flujo mostrado en la Figura 2.1 se podrá realizar una buena clasificación.

Beneficios:

- Más espacio
- Mejor control de inventario
- Eliminación de productos mal almacenados
- Fácil acceso a material, documentos, herramientas, etc.

Seiton (Ordenar). Consiste en la organización de los elementos necesarios de modo que resulten de fácil uso o acceso los cuales deberán estar, etiquetados para que se encuentren, retiren y devuelvan a su posición fácilmente por los empleados.

Se deben colocar las cosas útiles por orden según criterios de: Seguridad / Calidad / Eficacia.

- Seguridad: Que no se puedan caer, que no se puedan mover, que no estorben
- Calidad: Que no se oxiden, que no se golpeen, que no se puedan mezclar, que no se deterioren
- Eficacia: Minimizar el tiempo perdido

¿Cómo?

- Disponer un lugar adecuado para los elementos utilizados en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar
- Disponer de sitios identificados para ubicar elementos utilizados con baja frecuencia y para aquellos que no se usarán en el futuro
- Facilitar identificación visual de la maquinaria /equipos, alarmas, sentido de giro, etc.
- Identificar y marcar sistemas auxiliares del proceso (tuberías, aire comprimido, etc.)

Una vez seleccionados los objetos necesarios se puede ubicar por frecuencia de uso

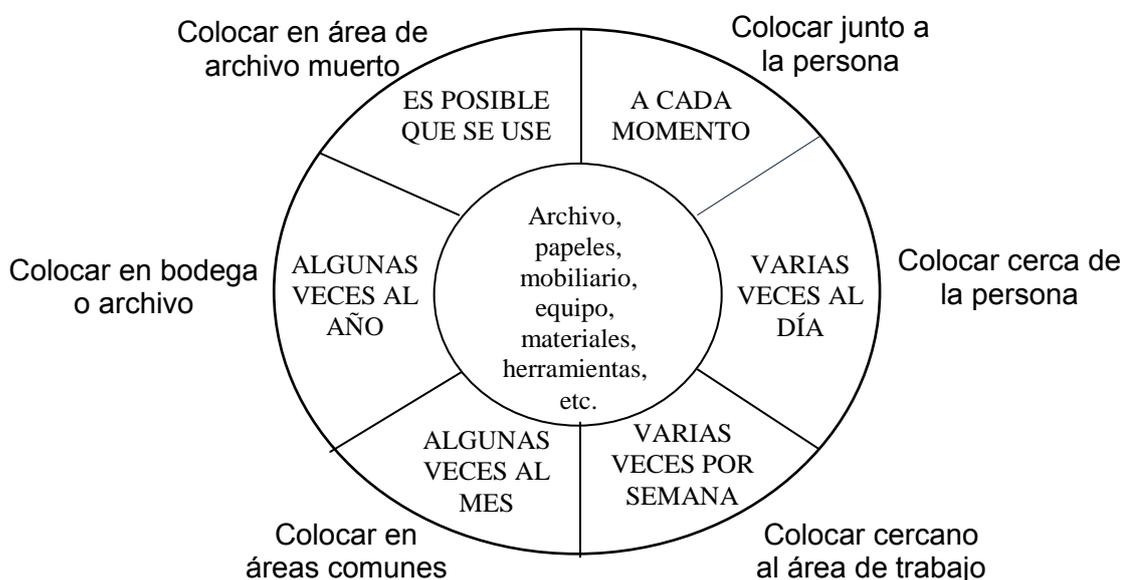


Figura 2.2

Beneficios

- Ayuda a encontrar fácilmente documentos u objetos de trabajo, economizando tiempos y movimientos
- Facilita regresar a su lugar los objetos o documentos que se han utilizados
- Ayuda a identificar cuando falta algo
- Da una mejor apariencia
- Simplifica sistemas de control visual en los diferentes puntos del proceso
- Disminuye pérdidas por errores
- Aumenta cumplimiento en órdenes de trabajo
- Mejora el estado de los equipos y disminuye las averías

Seiso (Limpieza). Significa eliminar polvo y suciedad de los diferentes lugares de trabajo, incluyendo diseño de aplicaciones para evitar y disminuir la suciedad haciendo más seguros los ambiente de trabajo.

Es necesario asumir la limpieza como una actividad diaria del mantenimiento autónomo. La inspección es una parte fundamental de la limpieza ya que permite conocer las condiciones de los equipos para no limitarse a eliminar constantemente la suciedad.

¿Cómo?

- Recogiendo y retirando lo que estorba
- Limpiando con un trapo o brocha
- Barriendo
- Desengrasando con un producto adaptado y homologado
- Pasando la aspiradora
- Cepillando y lijando en los lugares que sea preciso
- Eliminando los focos de suciedad

Beneficios

- Disminuye riesgos potenciales de accidentes
- Mejora bienestar (físico y mental) del trabajador
- Incrementa vida útil y facilita la identificación de posibles daños en los equipos
- Reduce desperdicios de materiales y energía debido a eliminación de fugas y escapes
- Mejora calidad de los productos, evitando suciedad y contaminación del producto y el empaque

Seiketsu (Estandarizar). Consiste en mantener la limpieza y la organización alcanzada con la aplicación de las primeras 3S. Sólo se consigue con la aplicación continua de los 3 principios anteriores. En esta etapa los mismos trabajadores adelantan programas y diseñan mecanismos para su propio beneficio.

Se debe enseñar al trabajador a elaborar normas, apoyado en la dirección y con el entrenamiento adecuado.

Es importante generar un modelo de la forma en que se debe mantener el equipo y la zona de trabajo; así como la verificación del cumplimiento de los estándares establecidos.

¿Cómo?

- Limpiando con la regularidad establecida
- Manteniendo todo en su sitio y en orden
- Establecer procedimientos y planes para mantener orden y limpieza

Beneficios

- Se guarda el conocimiento producido durante años
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente
- Los operarios aprenden a conocer con profundidad el equipo y elementos de trabajo
- Se evitan accidentes o riesgos laborales innecesarios

Shitske (Disciplina). Significa evitar que se quebranten los procedimientos ya establecidos. La disciplina es el canal entre las 5S y el mejoramiento continuo.

¿Cómo?

- Respetando a los demás
- Respetando y haciendo respetar las normas y los estándares para la conservación del lugar de trabajo
- Llevando puesto los equipos de protección
- Teniendo el hábito de limpieza
- Convirtiendo estos detalles en hábitos reflejos

Beneficios

- Crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa
- Permite cambiar hábitos, aumentando el seguimiento de estándares
- Aumenta los niveles de satisfacción de los clientes
- Convierte el área de trabajo en un lugar agradable para las personas
- Se evitan reprimendas y sanciones
- Mejora nuestra eficacia
- Mejora nuestra imagen

2.4.2 KANBAN

Toyota le puso a esta herramienta el nombre de Kanban que significa en japonés “etiqueta de instrucción” o tarjeta.

Kanban es una herramienta de manejo de flujo de materiales en una línea de ensamble. La etiqueta Kanban contiene información, ésta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante que medios y como transportarlo. Los artículos de valor especial deberán ser tratados de manera diferente.

Objetivo

Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas y prevenir el exceso de material innecesario, así como tener un control del inventario.

En este sistema se crearon dos tipos de señales o Kanban.

- Primera señal. Autorización para que el departamento de ensamble acuda a su área de materiales (subensambles, componentes, materias primas) y tome un recipiente de cada cosa que necesite

KANBAN Retiro									
<p>CODIGO DE MATERIAL: _____</p> <p>NOMBRE DEL ARTICULO: _____</p> <p>TAMAÑO DE LOTE</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>									<p style="text-align: center;">PROCESO PRECEDENTE</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <hr/> <p style="text-align: center;">PROCESO SUBSECUENTE</p> <p style="text-align: center;">_____</p>

Figura 2.3 Kanban de Retiro

- Segunda señal. Se encuentra dentro de cada recipiente y esto da la autorización de producción a la estación proveedora, trátase de un departamento o proveedor externo, para que produzca o envíe la misma cantidad de piezas

KANBAN Producción									
CENTRO DE TRABAJO: _____									
NO. PARTE A SER PRODUCIDA: _____									
UBICACION: _____									
CAPACIDAD DEL CONTENEDOR									
<table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>									
MATERIALES REQUERIDOS:									
NO. PARTE: _____									
UBICACION: _____									

Figura 2.4 Kanban de producción

Esta es una actividad muy creativa. Se pueden utilizar tarjetas o cajas codificadas por color, letra o número o mediante etiquetas desmontables para identificar cada material o producto dentro del sistema. El uso de estos dispositivos es totalmente discrecional y

conviene que los operadores y todos los involucrados opinen y participen. Sin necesidad de complejos sistemas de computación, estos elementos llevarán clara información visual consigo que facilitará el controlar los materiales y el proceso mismo. En este sistema la carga de trabajo debe ser clara y precisa para el buen funcionamiento del sistema Kanban y la producción debe ser siempre continua y regular.

Kanban maneja lotes pequeños, tiempos de aislamiento cortos y el abastecimiento de materiales en forma rápida y frecuente.

Son dos las funciones principales de Kanban:

1. Control de la producción. Es la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema JIT en la cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fábrica y si es posible, incluyendo a los proveedores
2. Mejora de los procesos. Es la facilitación de mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante técnicas ingenieriles como Poka Yoke, mantenimiento preventivo, etc.

¿Cómo?

El kanban sólo se podrá implantar en empresas que impliquen producción en serie o repetitiva. Su implantación debe iniciarse con el compromiso de las directivas empresariales, además de lo cual se necesitará un gran compromiso y conocimiento del sistema en las áreas de producción y compras. Se debe de tener en cuenta:

- Desarrollar un sistema de calendarización de la producción
- Establecer una ruta óptima de flujo de materiales (la etiqueta Kanban se debe mover junto al material)

Se considera que son 4 las fases principales para una buena implantación del sistema Kanban, y éstas son:

- Fase 1. Entrenar a todo el personal en los principios de KANBAN, y los beneficios que genera
- Fase 2. Implementar KANBAN en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos
- Fase 3. Implementar KANBAN en el resto de los componentes
- Fase 4. Esta fase consiste de la revisión del sistema KANBAN, los puntos de reorden y los niveles de reorden

Número de kanbans requeridos

Existen varios métodos para determinar cuántos kanbans se requieren. Se presenta el método original usado por Toyota para establecer el número de kanbans (Monden, 1993). Este modelo todavía es de uso común. Se establece:

n = número de conjuntos P – y T – kanban para una parte dada

D = demanda por unidad de tiempo, casi siempre un día (D se toma como la demanda balanceada)

L = tiempo de entrega promedio para el kanban, en fracciones decimales del día

t_p = tiempo de procesado promedio por contenedor, en fracciones decimales de día

t_w = espera promedio durante el procesado de producción más tiempo de transporte por contenedor, en fracciones decimales de día

C = capacidad del contenedor, en unidades de productos (no más de 10% de la demanda diaria)

α = coeficiente de seguridad (no más del 10%)

Entonces

$$L = t_p + t_w$$

$$Y \quad n = \frac{DL(1 + \alpha)}{C}$$

El numerador representa la demanda promedio durante el tiempo de entrega más un inventario de seguridad.

El tiempo de entrega promedio para las P-kanban depende del tiempo real de manufactura y del tiempo que pasa en la cola en el buzón P-kanban. Para los kanbans de transporte, L es el tiempo transcurrido entre la colocación de una tarjeta en el buzón T-kanbans y su regreso al almacén de entrada. Entonces, L se determina por la frecuencia de intercambios y el tiempo de transporte.

La práctica de Toyota es dejar el valor de n relativamente fijo, a pesar de las variaciones en D. Así, cuando D aumenta, el tiempo de entrega L debe disminuir. Si esto no se puede lograr a través de mejoras en los procesos, se tendrá tiempo extra. El tiempo extra es desperdicio, algo que debe eliminarse. Una alternativa es aumentar el número de kanbans, pero aumentará el trabajo en proceso, otro tipo de desperdicio. Por lo tanto, la administración ve a α como un indicador de la capacidad de mejora de la planta. Una α pequeña implica una mejor operación de la planta. La reducción de trabajo en proceso se puede lograr reduciendo α o L.

Beneficios

- Elimina la sobreproducción
- Se facilita el control del material
- Poder empezar cualquier operación en cualquier momento
- Reduce el nivel de inventario

2.4.3 SISTEMA PULL O JALAR

Es un sistema donde el operador tiene la autoridad de tomar las partes que necesita para llevar a cabo su trabajo sin tener que pedir autorización, esta herramienta es la base y el inicio para poder tener implementado el sistema Kanban y es el inicio de integración con los proveedores.

Se trata de un sistema de producción en cascada, desde la actividad precedente hacia la actividad subsecuente, en la que nada se produce por el proveedor (subsecuente) hasta que el cliente (precedente) señala una necesidad.

Para poder utilizar este sistema, nuestro proceso debe ser fiable, organizado, reproducible y equilibrado (con lotes pequeños y carga nivelada).

Objetivo

Mover el material entre operaciones de uno por uno para producir de acuerdo a la demanda del mercado, y así evitar ocupar máquinas, equipos y personas en producciones cuya demanda no es inmediata.

¿Cómo?

- Planificar la producción (sólo lo que se le va a enviar al cliente)
- Hacer uso de la metodología Kanban

Beneficios

- Reducción del tamaño de los lotes de fabricación
- Se consigue trabajar con menor cantidad de personas en la línea productiva
- Detección inmediata de los cuellos de botella y un rápido equilibrio, maximizando la velocidad de retroalimentación
- Reducción de inventarios (sin crear falta de producto), y por lo tanto pone al descubierto los problemas
- Facilita el control haciendo sólo lo necesario
- Minimiza el tiempo de entrega
- Disminuye la cantidad de espacio requerido
- Mejora la calidad
- Controla la sobreproducción

2.4.4 CELULA DE MANUFACTURA

Se refiere a la secuencia de pasos del proceso para que un producto pueda ser procesado en un flujo continuo, en el cual las estaciones de trabajo están muy cerca. Esto puede realizarse de una manera gradual, en forma de una a la vez, o en pequeños lotes que son mantenidos durante toda la secuencia del proceso.

Lo más común es la célula en forma de U porque minimiza la distancia recorrida entre diferentes tareas del operador.

El número de operadores puede modificarse con los cambios de la demanda.

Objetivo

Estabilizar los procesos, así como la interacción entre los equipos de trabajo.

¿Cómo?

Acomodando la maquinaria en función de la secuencia del proceso y/o producto.

Beneficios

- Disminuye el tiempo de ciclo de fabricación
- Incrementa la velocidad de respuesta del cliente
- Disminuye el inventario en proceso, optimizando el transporte
- Se adapta a una gran variedad de productos
- Es más flexible, ya que permite aumentar o disminuir el número necesario de trabajadores cuando hay que adaptarse a cambios de la demanda

2.4.5 SISTEMA ANDON

Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para monitorear el estado de la línea de producción, se ha implementado en diferentes empresas.

Objetivo

Hacer visibles los problemas para ayudar tanto a los trabajadores como supervisores a permanecer en contacto directo con la realidad del piso de trabajo (gemba), y así motivar al personal a resolver los problemas sobre la marcha.

¿Cómo?

Utilizando técnicas sencillas, como luces de diferentes colores que indican el tipo de anomalías o condiciones de trabajo en el proceso de producción.

Los colores usados son:

- *Rojo*: Máquina descompuesta
- *Azul*: Pieza defectuosa
- *Blanco* : Fin de lote de producción
- *Amarillo*: Esperando por cambio de modelo
- *Verde*: Falta de Material
- *No luz*: Sistema operando normalmente

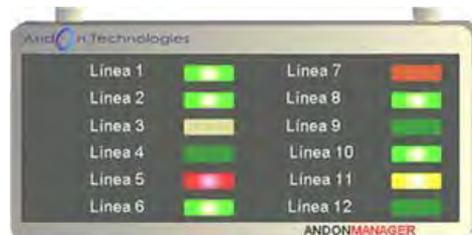


Figura 2.5

El significado de cada luz de color cada empresa lo maneja a su gusto.

Beneficios

- Permite acciones correctivas oportunas alertando al personal cuando ocurren las condiciones anormales
- Ayuda los supervisores a pasar menos tiempo y esfuerzo supervisando la situación, y más tiempo solucionando anomalías
- Elimina el hábito de la corrección tardía basándose en un reporte

2.4.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Se aplica en todos los sectores, y se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Objetivo

Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo para maximizar su eficiencia, involucrando a todos los departamentos que planean, diseñan, usan o mantienen equipo, en la implementación de TPM, para lograr tener cero accidentes, cero defectos y cero averías.

¿Cómo?

Tomando acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo, con la participación de todas las personas de la organización

Beneficios

- Mejora la calidad del ambiente de trabajo
- Mejor control de las operaciones
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas
- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- Mejora de la calidad del producto final

2.4.7 JUSTO A TIEMPO

Justo a tiempo es una filosofía industrial que considera la eliminación o reducción de todo lo que implique desperdicio.

Con ésta herramienta cada proveedor debe saber exactamente cuántas piezas debe entregar, en qué punto de la fábrica y a qué hora, para eliminar los almacenes y área de recibo en su mayoría.

Objetivo

Producir a la medida exacta de la demanda, haciendo y entregando justo lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad en que se necesita.

¿Cómo?

- Aplicar disciplinas de mejora continua en el trabajo, por ejemplo la aplicación de las 5'S
- Cumplir con los pasos y tiempos de los procesos
- Analizar las capacidades de logística de entrega y suministro
- Responsabilizarse no solo de uno, sino de varios procesos conjuntos
- Estandarizar los procesos que puedan permitir crear calidad y competitividad

Beneficios

- Se reduce la cantidad de materiales en stock, las áreas se reducen substancialmente así como las distancias a recorrer por cada persona en el proceso
- El manejo de materiales es mínimo

El Sistema Pull o Jalar va de la mano de Justo a Tiempo y consiste básicamente en que cada etapa del proceso es regulada en su volumen y velocidad de producción por la siguiente operación o estación de trabajo. La etapa final de producción es regulada por el consumidor final.

2.4.8 SMED

“Single Minute Exchange of Dies” o sea, “Cambio de Herramental en un Minuto”, es el nombre dado al conjunto de técnicas desarrolladas en Toyota que permitieron llevar los tiempo requeridos para un cambio de moldes de estampado de más de 4 horas a unos cuantos minutos. Nació de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que pasaban por las prensas de estampación, optimizando el proceso de cambio de una matriz a otra.

Objetivo

Reducir los tiempos de cambio de moldes y ajustes de máquinas para la fabricación de un producto a otro.

¿Cómo?

La implantación del proyecto SMED consta de cinco etapas.

Etapas	Actuación
Etapa preliminar	Estudio de la operación de cambio
Primera etapa	Separar tareas internas y externas
Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas
Tercera etapa	Perfeccionar las tareas internas y externas
Cuarta etapa	Estandarizar el proceso

Tabla 2.1

Estas operaciones se pueden clasificar en dos tipos:

- *Preparación interna*: Incluye todas las tareas que solo pueden hacerse estando la máquina parada.
- *Preparación externa*: Esta clase de preparación incluye las tareas que pueden hacerse con la máquina en funcionamiento.

Se debe analizar cada paso a fin de no sacrificar seguridad en áreas del ahorro de tiempo. En muchos casos con mínimo costo se puede fabricar herramienta especial.

Beneficios

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- Reducir el tamaño del inventario
- Reducir el tamaño de los lotes de producción
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción

2.4.9 POKA YOKE

Es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

Un dispositivo Poka-Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se de cuenta y lo corrija a tiempo; así mismo ayuda a prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final.

Objetivo

Eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten, lo antes posible.

¿Cómo?

- Identificar y describir el defecto
- Determinar la causa raíz
- Revisar el procedimiento estándar actual
- Identificar las desviaciones estándar
- Identificar el tipo de dispositivo Poka Yoke requerido
- Elaborar un dispositivo Poka Yoke y probar su efectividad

Beneficios

- Permite reducir y eventualmente eliminar los errores y defectos de operación, mediante procesos bien diseñados y con herramientas preparadas a ese efecto
- Mejora de la Calidad en la fabricación de productos y en la oferta de servicios
- Baja el costo de operación en todas las funciones de cualquier empresa por la eliminación de errores y aumento de eficiencia operativa
- Eliminación de retrabajos
- Mejora el servicio al cliente, interno y externo, a través del cumplimiento de fechas y calidades establecidas
- Ayuda a establecer la cultura de prevención en la empresa

2.4.10 TRABAJO ESTANDARIZADO

Es el método de trabajo por el cual se elimina la variación, desperdicio y el desequilibrio, realizando las operaciones con mayor facilidad, rapidez y menor costo teniendo siempre como prioridad la seguridad, haciendo siempre lo mismo de la misma manera.

Objetivo

Eliminar la variabilidad de los procesos para optimizar el uso de materiales y herramientas.

¿Cómo?

El proceso de estandarización se basa en los siguientes elementos básicos:

- Detección de los desperdicios a partir de la observación de los procesos, para su posterior eliminación
- Identificación de los elementos de trabajo, obtenidos del proceso de observación
- Análisis del Takt Time, ritmo al que se deben hacer los distintos productos en un proceso para satisfacer la demanda del cliente

Beneficios

- Disminuyen los defectos manteniendo un mismo nivel de calidad
- Facilita aclarar las fallas de la operación
- Facilita la elaboración de balanceo de cargas de trabajo
- Se eliminan los faltantes ocasionados por la mano de obra
- Se reducen los costos por material dañado
- Asegura la entrega de la producción al siguiente proceso
- Disminuyen los accidentes, minimizando los actos inseguros

2.4.11 JIDOKA

Jidoka es otro término japonés utilizado en Manufactura Esbelta. Este término significa "automatización con mente humana".

En los sistemas tradicionales de calidad, las piezas son inspeccionadas al final del proceso productivo, por lo que si se produce un problema, se detecta únicamente al final del proceso habiendo producido una cierta cantidad de piezas defectuosas. Con Jidoka si apareciera una anomalía durante el proceso, éste se hubiera detenido de una forma manual o automática, impidiendo que las piezas defectuosas avancen al siguiente puesto de trabajo. De esta forma Jidoka mejora la calidad en cualquier proceso productivo ya que solo se producirían piezas correctas.

Objetivo

La función del Jidoka no es sólo detectar un problema, sino además, corregir la anomalía e investigar cuál es la causa raíz del problema y así, eliminarla para siempre.

¿Cómo?

Jidoka consta de cuatro pasos.

1. Detectar el problema. La anomalía se puede detectar tanto en procesos en los que sólo intervienen máquinas como en los que interviene la mano humana. En el primer caso, se pueden construir máquinas que detecten la anomalía y en el

- segundo caso, a las personas se les puede dar la autoridad de poder parar la línea mediante el tirar de una cuerda o apretar un botón
2. Parar la estación de trabajo correspondiente donde se produce la anomalía, de esta forma los demás puestos de trabajo pueden continuar trabajando. Estos dos pasos anteriores pueden ser manuales o automáticos, pero los siguientes, son totalmente del dominio de las personas, ya que requieren diagnóstico, análisis y resolución de problemas
 3. Corregir la condición anormal con el objeto de reanudar la producción. Para ello podemos hacer: colocar una unidad de retrabajo, parar la producción hasta que el utillaje defectuoso sea arreglado
 4. Investigar la causa raíz del problema e instalar una contramedida permanente para que no vuelva a suceder el problema. Para poder obtener esta causa raíz se podría utilizar por ejemplo, el método de "los cinco por qué". Esta es una oportunidad para ampliar los conocimientos del sistema y procesos de producción

Beneficios

- Permite que el proceso productivo contenga su propio autocontrol de calidad
- Garantiza la máxima calidad de los productos en todo momento

2.4.12 HEIJUNKA (PRODUCCIÓN NIVELADA)

La nivelación de la demanda, o Heijunka, es la herramienta idónea para equilibrar y sincronizar los procesos productivos. Ello abarca tres factores principales: nivelación de la demanda, nivelación de las cargas de materiales y nivelación de las líneas de producción.

Objetivo

El objetivo de Heijunka es amortiguar las variaciones de la demanda comercial produciendo, por pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea.

¿Cómo?

- Multiplicando las tareas, repartiéndolas mejor y normalizándolas gracias a un alisamiento estudiado, se consigue utilizar mejor el tiempo de trabajo disponible para la creación de valor
- Cambio frecuente de la mezcla ejemplar para ser corrido en una línea dada
- En lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro, se debe producir lotes pequeños de muchos modelos en periodos cortos de tiempo
- Esto requiere tiempos de cambio más rápidos, con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia

Beneficios

- Permite la eliminación de los desperdicios favoreciendo la normalización del trabajo
- Permite reducir los diferentes desperdicios asignando más valor a la línea de producción

2.4.13 KAIZEN

Kaizen viene del japonés que significa:

KAI = Cambio

ZEN = Bueno (para mejorar)

El Kaizen es un sistema de mejora continua e integral que comprende todos los elementos, componentes, procesos, actividades, productos e individuos de una organización. No importa a que actividad se dedique la organización, si es privada o pública, y si persigue o no beneficios económicos, siempre debe mejorar su actuación o desempeño, a los efectos de hacer un mejor y más eficiente uso de los recursos, logrando de tal forma satisfacer la mayor cantidad de objetivos posibles.

El método Kaizen es realmente una filosofía de vida. La filosofía Kaizen descansa sobre muchos conceptos japoneses de la administración, como el Control de la Calidad Total y Círculos de Calidad.

Los elementos dominantes de Kaizen son: calidad, esfuerzo, compromiso de todos los empleados, buena voluntad de cambiar y comunicación.

Existen 3 factores claves en el desarrollo del Kaizen

- Eliminación del desperdicio
- 5'S
- Estandarización

Objetivo

Eliminar todos los obstáculos que impidan el uso más rápido, seguro, eficaz y eficiente de los recursos en la empresa, mediante la mejora continua.

¿Cómo?

- Definiendo los objetivos y metas
- Involucrando a los empleados mediante sugerencias
- Incentivando al personal
- Haciendo uso de herramientas sencillas como las de control de calidad

Beneficios

- Reduce los inventarios
- Disminuye la cantidad de accidentes
- Reduce fallas de los equipos y herramientas
- Reducción en los tiempos de preparación de maquinarias
- Aumento en los niveles de satisfacción de los clientes y consumidores
- Altos incrementos en materia de productividad
- Mejoramiento en los diseños y funcionamiento de los productos y servicios
- Menores niveles de desperdicios y despilfarros
- Menor rotación de clientes y empleados
- Flexibilidad a los bruscos cambios del mercado

2.5 RESUMEN

En el actual mercado globalizado, el altísimo nivel de competitividad existente exige a las empresas ajustarse a las necesidades y requerimientos de sus clientes, controlando y mejorando al mismo tiempo sus procesos internos de forma que consigan entregarles el mayor valor agregado posible por cada unidad monetaria percibida.

Para ello, el objetivo estratégico es eliminar o reducir al mínimo las actividades que no generan valor agregado para el cliente. De aquí surge el concepto de empresa esbelta, es decir, carente de obesidad. Se considera una empresa obesa, aquella con exceso de procesos, actividades y funciones que no generan valor para el cliente externo.

Por lo que, Manufactura Esbelta es una técnica conformada por un conjunto de herramientas desarrolladas por la Compañía Toyota a partir de 1950, que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía, independientemente de su tamaño y del sector al que pertenezca.

Manufactura Esbelta nos ayuda a reducir desperdicios, ya sean estos de inventarios, productos defectuosos, transportes, almacenajes, maquinaria y hasta personas; basada en utilizar importantes herramientas como Justo a Tiempo, Kanban, SMED, 5'S, entre otras.

Manufactura Esbelta ofrece a los negocios la alternativa para competir exitosamente, alcanzar las metas de crecimiento, la creación de ventajas competitivas para sobrevivir y crecer en este mundo global, satisfaciendo las necesidades del cliente y dando seguridad a los empleados.

El no aplicar nuevas técnicas para lograr la mejora continua, puede privar a los propietarios de la empresa, directivos, personal, clientes y a la sociedad en su conjunto, de las ventajas de generar auténticos y sólidos puestos de trabajo.

Un cambio positivo no sólo es necesario, sino además una obligación permanente del ser humano para consigo mismo y la sociedad.

CAPÍTULO 3

SEIS SIGMA

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo presentaremos el origen, concepto, herramientas y beneficios de Seis Sigma (6σ), que es una técnica que ayuda a la prevención de errores en los procesos industriales así como en los servicios.

Seis Sigma es una filosofía que promueve la utilización de herramientas y métodos estadísticos de manera sistemática y organizada, que permite a las empresas alcanzar considerables ahorros económicos a la vez que mejoran la satisfacción de sus clientes, todo ello en un periodo de tiempo muy corto y al costo más bajo.

Existen varias perspectivas sobre lo que realmente es Seis Sigma, algunas empresas lo definen como un “método altamente técnico utilizado por ingenieros y estadísticos para afinar proceso y productos”. Es cierto que la medición y la estadística son un ingrediente clave en el proceso de mejora Seis Sigma, pero no son la historia completa.

Los cambios radicales se consiguen básicamente traduciendo las necesidades de los clientes al lenguaje de las operaciones y definiendo los procesos y las tareas críticas que hay que realizar de forma excelente. En función de las intervenciones de análisis y mejora, Seis Sigma lleva el funcionamiento de los productos, servicios y procesos a niveles nunca conseguidos anteriormente.

Al aplicar Seis Sigma se pueden detectar rápidamente problemas en producción como cuellos de botella, productos defectuosos, pérdidas de tiempo y etapas críticas, es por esto que es de gran importancia esta técnica.

3.2 ANTECEDENTES

El inicio del compromiso de Motorola empezó desde 1981 con el objetivo de mejorar 10 veces en todos los esfuerzos para satisfacer al cliente, en un periodo de cinco años. Sin embargo, en 1986, se dieron cuenta de que esa meta no era suficiente para seguir en el competido mercado de la electrónica. Así, en 1987 Bob Galvin, director general de Motorola, fijó como objetivo, “mejorar la calidad de los productos y los servicios 10 veces más para 1989, y por lo menos 100 veces para 1991, y alcanzar el nivel de Seis Sigma en 1992. Para alcanzar la Satisfacción Total del Cliente, el objetivo final es cero defectos en todo lo que hacemos”.

De 1987 a 1991 Motorola redujo su tasa promedio de defectos de 6000 partes por millón (ppm) a 40 ppm, y aunque en 1992 no alcanzó el nivel de Seis Sigma, la compañía ha mejorado y permanece en la búsqueda de ese objetivo.

Lo que Seis Sigma ofreció a Motorola fue una forma simple de medir y comparar su desempeño con respecto a los requerimientos de los clientes y un objetivo ambicioso de calidad casi perfecta.

Seis Sigma constituye una metodología sistemática para reducir errores, concentrándose en la mejora de los procesos, el trabajo en equipo y con una gran implicación por parte de la Dirección.

Otras compañías han adoptado también Seis Sigma como su forma de operar en cuanto al mejoramiento de procesos y productos. Tal es el caso de Sony, Texas Instruments, Polaroid entre otros.

3.3 CONCEPTO DE SEIS SIGMA

Sigma (σ) es una letra tomada del alfabeto griego utilizado en estadística como una medida de variación. La metodología Seis Sigma se basa en la curva de la distribución normal (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos.

Seis Sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo y una meta. Como métrica, Seis Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Como filosofía de trabajo, Seis Sigma significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyado en la aplicación de la metodología Seis Sigma, la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas, además de otras de apoyo. Como meta, un proceso con nivel de calidad Seis Sigma significa estadísticamente tener un nivel de clase mundial al no producir servicios o productos defectuosos.

En las empresas Seis Sigma tiene 3 figuras:

- *Los “campeones” (champions).* Normalmente, los líderes de las unidades son elegidos para ser champions, con la responsabilidad de hacer que los equipos multifuncionales se centren en el desarrollo de proyectos específicos de mejora y reducción de costos. Deben ser capaces de preparar el camino para realizar los cambios necesarios y para integrar los resultados. Son responsables de elegir a las personas que difundirán los conocimientos de Seis Sigma por toda la empresa y coordinarán un determinado número de proyectos
- *Los “cinturones negros” (black belts).* Debe tener habilidades de liderazgo para orientar y auxiliar a las personas de las organizaciones a analizar y controlar los procesos en que ellos mismos actúan. Dedican el 100% de su tiempo al programa de Seis Sigma. Dependen básicamente de los recursos destinados por su empresa, de su propia concentración mental y agilidad para tocar múltiples proyectos y concluirlos rápidamente
- *Los cinturones verdes (green belts).* Son personas de la organización que se dedican a tiempo parcial a proyectos Seis Sigma; tienen menos responsabilidad que los black belts en el programa Seis Sigma, normalmente, se involucran en proyectos directamente relacionados con su trabajo del día a día. Los green belts auxilian a los black belts en la recopilación de datos y lideran pequeños proyectos de mejora en sus respectivas áreas de actuación.

Muchos trabajadores deben ser entrenados en los fundamentos de Seis Sigma a través de cursos básicos de 2 a 4 días de duración para que puedan entender y emplear las herramientas principales que se aplican en varias fases del programa, permitiendo que tengan una comprensión más clara y firme de toda la metodología a aplicar durante el programa. A este tipo de personas se les suele clasificar como cinturones amarillos “yellow belts” o cinturones blancos “white belts”, dependiendo de la empresa.

OBJETIVO

Proporcionar información adecuada para ayudar a la implementación de la máxima calidad del producto o servicio en cualquier actividad disminuyendo el número de defectos, así como crear la confianza y comunicación entre todos los participantes.

¿CÓMO?

Existe también otra forma de llamar a las fases de Seis Sigma con base en lo que se conoce como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

- *Definir el problema o defecto:* El primer paso en un proyecto de esta naturaleza es clarificar el problema y definir su alcance con metas mensurables que se puedan lograr dentro de pocos meses. Se busca entonces, un proceso acotado y medible para ser examinado detalladamente, sugerir mejoras y recomendaciones en ejecución. Habitualmente se comienza definiendo cuáles son las necesidades asociadas al proceso (necesidades del cliente, necesidades estratégicas, etc.) y qué constituye un defecto bajo dicha perspectiva; para proponer luego un grupo de objetivos orientados a reducir su ocurrencia
- *Medir y recopilar datos:* En el segundo paso del proyecto, el equipo recopila datos profundos y parametrizables acerca del proceso a intervenir (tiempos, recursos, errores, desviaciones, etc.), preparándolos para un análisis de alto nivel
- *Analizar datos:* Una vez que un proceso se haya documentado, y la calidad de los datos se han verificados, el equipo puede comenzar el análisis identificando las causas del por qué las personas o el proceso no pueden actuar o ejercer control eficaz según lo requerido. Todo análisis debe finalmente ser parametrizable y evaluable, para hacer posible la factibilidad técnica de llevar a cabo la metodología (basada en modelos estadísticos)
- *Mejorar:* Esta etapa implica interpretar los análisis, recomendar, decidir y llevar a cabo las mejoras propuestas. Implica, entre otros aspectos: reducir y eliminar ineficiencias, desperfectos y errores; además de mejorar las relaciones entre variables que condicionan el funcionamiento del proceso
- *Controlar:* En cada etapa del proyecto el equipo crea controles para sostener y ampliar las mejoras de acuerdo a los beneficios obtenidos y el conocimiento y comprensión de los procesos a partir de su avance hacia estándares de calidad superiores

BENEFICIOS

- Mejora la satisfacción del cliente
- Reduce tiempo de ciclo
- Aumenta la productividad
- Mejora capacidad y producción
- Desarrolla procesos y productos robustos
- Reduce defectos totales
- Aumenta la confiabilidad del producto
- Disminuye trabajo en proceso
- Mejora el flujo del proceso

3.4 HERRAMIENTAS DE SIES SIGMA

La metodología 6σ utiliza herramientas estadísticas para mejorar la calidad. Estas herramientas son para conocer los problemas en el área de producción y saber el porqué de los defectos.

Las herramientas de Seis Sigma se pueden clasificar de acuerdo a las fases del DMAIC, las cuales se muestran a continuación:

3.4.1 FASE 1. DEFINIR

DIAGRAMA DE FLUJO

Los diagramas de flujo (o flujogramas) son diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. También permiten describir la secuencia de los distintos pasos o etapas y su interacción.

Los símbolos tienen significados específicos y se conectan por medio de flechas que indican el flujo entre los distintos pasos o etapas.

Los símbolos más comunes utilizados son los siguientes:

Significado	Símbolo
Operación, Análisis	
Decisión	
Inspección	
Retraso, Demora	
Almacenamiento	
Dirección de Flujo	
Transmisión	

Tabla 3.1

La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa está ahora disponible para ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo.

Objetivo

Representar las etapas del proceso, las personas o los sectores involucrados, la secuencia de las operaciones y la circulación de los datos y los documentos.

¿Cómo?

- Establecer el alcance del proceso a describir. De esta manera quedará fijado el comienzo y el final del diagrama
- Identificar y listar las principales actividades/subprocesos que están incluidos en el proceso a describir y su orden cronológico
- Si el nivel de detalle definido incluye actividades menores, listarlas también
- Identificar y listar los puntos de decisión
- Construir el diagrama respetando la secuencia cronológica y asignando los correspondientes símbolos
- Asignar un título al diagrama y verificar que esté completo y describa con exactitud el proceso elegido

Beneficios

- Favorecen la comprensión del proceso a través de mostrarlo como un dibujo
- Permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Se identifican los pasos redundantes, los flujos de los reprocesos, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión
- Muestran las interfases cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de las mismas
- Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso

TORMENTA DE IDEAS

La Tormenta de Ideas es una técnica de grupo que permite la obtención de un gran número de ideas sobre un determinado tema de estudio.

Las reglas a seguir para su realización favorecen la obtención de ideas innovadoras. Estas son en general, variaciones, recomendaciones o asociaciones de conceptos e ideas ya existentes.

Objetivo

Encontrar ideas nuevas y creativas fomentando la participación activa de todos los componentes de un grupo.

¿Cómo?

- Elegir un coordinador
- Definir el enunciado del tema de la Tormenta de Ideas. El enunciado debe ser específico
- Conformar un grupo con el número requerido de personas
- Escribir el enunciado del tema de forma que sea visible a todos los participantes durante la sesión, es importante no realizar críticas
- Aportar una idea por turno y anotarlas
- Concluir la tormenta de ideas cuando ningún participante tenga ideas que aportar

- Explicar las ideas que ofrecen dudas a algún participante
- Eliminar ideas duplicadas
- Agrupar las ideas según criterios de ordenación adecuados, para poder simplificar el desarrollo del trabajo posterior

Beneficios

- Aportación de ideas diversas por parte de los integrantes de un equipo

3.4.2 FASE 2. MEDIR

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

Representación gráfica del grado de relación entre dos variables cuantitativas. Permite hacer estimaciones a primera vista, ya que puede relacionar dos variables y obtener un estimado usual del coeficiente de correlación.

Considera necesario al menos 40 pares de datos para construir un Diagrama de Dispersión. Es importante anotar las consideraciones en que han sido tomados los datos.

Existen diferentes tipos de correlación

- *Correlación Fuerte.* Los puntos se agrupan claramente alrededor de una línea imaginaria que pasa por el centro de la masa de los mismos. Estos casos sugieren que el control de una de las variables lleva el control de la otra
- *Correlación Débil.* Los puntos no están lo suficientemente agrupados como para asegurar que existe la relación. El control de una de las variables no necesariamente nos llevará al control de la otra. Si lo que se busca es determinar las causas de un problema, se deben buscar otras variables con una relación mayor o más relevante sobre el efecto
- *Correlación Compleja.* El valor de la variable "Y" parece estar relacionado con el de la variable "X", pero esta relación no es simple o lineal. En este caso la relación se estudia más profundamente
- *Sin correlación.* Para cualquier valor de la variable "X", "Y" puede tener cualquier valor. No aparece ninguna relación especial entre ambas variables. En este caso la teoría no es correcta y se deben buscar otros tipos de relaciones

Objetivo

Comprobar (aceptar o rechazar) teorías respecto a la supuesta existencia de una relación entre dos variables.

¿Cómo?

- Elaborar una teoría admisible y relevante sobre la supuesta relación entre dos variables
- Recoger datos y construir el diagrama
- Determinar los valores máximo y mínimo para cada una de las variables
- Decidir sobre que eje representará a cada una de las variables. Si se trata de una relación causa-efecto, el eje horizontal representará la causa
- Trazar y rotular los ejes horizontal y vertical. Identificar y clasificar la pauta de correlación
- Discutir la teoría original

Beneficios

- Determina el tipo de relación que existe entre dos variables, es decir, positiva o negativa
- Ayuda a determinar las posibles relaciones causales entre dos variables
- Verifica y muestra que existe una relación entre dos variables, o que la misma no existe
- Sirve como una herramienta de rastreo para verificar visualmente que las relaciones continúan existiendo

HISTOGRAMA

Es una gráfica de la distribución de un conjunto de medidas. Un histograma es un tipo especial de gráfica de barras que despliega la variabilidad dentro de un proceso. Los patrones inusuales o sospechosos pueden indicar que un proceso necesita investigación para determinar su grado de estabilidad.

Los histogramas proporcionan información respecto la distribución seguida por los datos representados. Esta información está relacionada con los siguientes aspectos:

- *Tendencia Central.* Observar alrededor de qué valor muestran los datos estar agrupados. En distribuciones simétricas, este valor central será aproximadamente el valor medio de dichos datos
- *Variabilidad.* Observar la “dispersión” de los datos alrededor del valor central de agrupamiento
- *Forma.* Observar la “forma” del histograma en lo que respecta a: simetría, uno o más “picos”, características de las colas del histograma, etc.

Objetivo

Proporcionar información para reducir la variación y eliminar la causa de los problemas.

¿Cómo?

- Determinar el rango de datos. La diferencia entre el dato máximo y el dato mínimo
- Obtener el número de clases (NC) o barras. Ninguno de ellos es exacto, esto depende de cómo sean los datos y cuántos sean
- Establecer la longitud de clase (LC). Se establece de tal manera que el rango pueda ser cubierto en su totalidad por NC
- Construir los intervalos de clase. Resultan de dividir el rango (original o ampliado) en NC e intervalos de longitud LC
- Obtener la frecuencia de cada clase. Se cuentan los datos que caen en cada intervalo de clase
- Graficar el histograma

Beneficios

- Resume de forma rápida una gran cantidad de datos
- Visualiza la relación entre la capacidad de un proceso y las tolerancias especificadas
- Permite evaluar de forma visual si un conjunto de mediciones se distribuye de forma normal

HOJA DE COMPROBACIÓN

Impreso de recopilación de datos utilizado para registrar el número de observaciones o de ocurrencias de ciertos eventos durante un periodo de tiempo especificado.

Objetivo

Recoger y mostrar de forma simple una serie de datos del proceso que se está estudiando para contestar a la pregunta ¿con qué frecuencia suceden ciertos eventos?

¿Cómo?

- Acordar con el equipo la parte del proceso a observar
- Decidir el periodo de tiempo durante el que se van a recoger datos
- Decidir si los datos van a ser de tipo atributo o de tipo variable
- Diseñar un impreso que sea claro y sencillo de utilizar, asegurando que todas las categorías se encuentran etiquetadas adecuadamente y que existe suficiente espacio para introducir los datos. Ver tabla 3.2
- Informar a las personas que trabajan en el proceso la forma de recopilar los datos
- Recopilar los datos haciendo una marca en la categoría correcta para cada observación, asegurando que las muestras son tan representativas como sea posible
- Analizar los datos buscando oportunidades de mejora del proceso

DEFECTO	PERIODOS			TOTAL
	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	
A	////	///	////	11
B	//	/	///	6
C	//// //	////	//// /	18
TOTAL	13	9	13	35

Tabla 3.2

Beneficios

- Recolectar información de una forma sencilla y práctica de manera tal que no interrumpa las labores de la persona que está registrando la información
- Facilita la tabulación de la información
- Identificar la frecuencia con la que suceden ciertas anomalías

DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto consiste en una gráfica de barras ordenada de mayor a menor, donde cada barra representa el peso que tiene cada uno de los factores que se analizan.

El diagrama de Pareto separa los factores vitales de los triviales, es la regla 80 -20. Se pueden incorporar costos al diagrama. Se pueden ponderar los factores, también es una herramienta muy útil en la industria porque con esta se identifica la causa principal del origen de los defectos. Es útil para identificar las prioridades de causa de variación de mala calidad mediante gráficas de causa en orden descendente de frecuencia o magnitud de izquierda a derecha. Adicionalmente, el tamaño de la barra vertical puede ayudar a determinar qué problema debería ser atacado primero.

Objetivo

Identificar y concentrarse en los problemas de mayor frecuencia y concentrar los esfuerzos en ellos.

¿Cómo?

- Decidir y delimitar el problema o área a mejorar que se va a atender. Tener claro el objetivo que se persigue
- Construir una hoja de verificación bien diseñada para la recolección de datos que identifique los posibles factores
- Definir el periodo del que se tomaran datos y determinar quien será responsable de ello
- Construir una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información relevante
- Construir una grafica de barras, tomando como altura de cada barra, el total del defecto correspondiente
- Graficar una línea acumulada de los datos obtenidos anteriormente

- Documentar referencias del diagrama, como títulos, periodo, área de trabajo, etc.
- Interpretar el diagrama y, si existe una categoría que predomina, hacer un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que influyen más en el mismo

De los problemas importantes encontrados, localizar las causas fundamentales. Una de las herramientas más usadas para este fin, es el Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto.

Beneficios

- Permite medir y analizar los datos para apoyar la toma de decisiones
- Representa información de manera que facilita la rápida visualización de los factores con mayor peso, para reducir su influencia en primer lugar
- Motiva la cooperación de todos los involucrados, puesto que en una mirada cualquier persona puede ver cuáles son los problemas principales
- Cuantifica con objetividad la magnitud real de los problemas, siendo esto un punto de partida para buscar reducirlos
- Permite evaluar objetivamente con el mismo diagrama las mejoras logradas con el proyecto

3.4.3 FASE 3. ANALIZAR

DIAGRAMA DE AFINIDAD

También conocido como método KJ; es una herramienta que se utiliza para conseguir gran cantidad de datos en forma de ideas, opiniones, temas, aspectos a considerar y organizarlos en grupos sobre la base de criterios afines de relación natural entre cada elemento.

Se puede decir que el diagrama de afinidad permite reducir una gran cantidad de datos en un conjunto manejable de procesos clave.

Se utiliza cuando existe un gran número de ideas u opiniones sobre un tema objeto de discusión.

Objetivo

Analizar gran cantidad de datos en forma de ideas e identificar las ideas clave inherentes a los datos estableciendo una agrupación de las diferentes aportaciones.

¿Cómo?

- Enumerar todas las opiniones propuestas y escribir cada una en apartados individuales
- Agrupar aquellas ideas que expresan lo mismo aunque con diferentes palabras
- Tomando como referencia la agrupación anterior, unir la síntesis de las opiniones que expresan lo mismo
- El procedimiento será el mismo hasta llegar a una ficha en la que se recojan todas las agrupaciones mediante nexos de unión

Beneficios

- Promueve la creatividad de todos los integrantes del equipo de trabajo en todas las fases del proceso
- Derriba barreras de comunicación y promueve conexiones entre ideas/asuntos

Esta técnica se puede utilizar cuando es preciso generar un gran número de ideas o conceptos y se han de clasificar en categorías.

DIAGRAMA DE ÁRBOL

Es un método utilizado para representar el conjunto completo de actividades que es necesario realizar con el fin de alcanzar un objetivo denominado principal y los objetivos secundarios relacionados con éste.

Objetivo

Identificar todas las tareas necesarias para alcanzar algún objetivo final e implantar una solución.

¿Cómo?

- Escribir el objetivo principal en el extremo izquierdo de un papel amplio
- Subdividir y separar el objetivo principal en objetivos secundarios
- Continuar subdividiendo o separando, identificando y relacionando otros objetivos
- Garantizar una relación directa causa-efecto entre un subtítulo y sus divisiones
- Confirmar que alcanzando todas las submetas y tareas se logra el objetivo principal

Beneficios

- Exhorta a los integrantes del equipo a ampliar su modo de pensar al crear soluciones
- Mantiene a todo el equipo vinculado a las metas y submetas generales de una tarea
- Mueve al equipo de planificación de la teoría al mundo real
- Permite a los integrantes del equipo a expandir su pensamiento al crear soluciones sin perder de vista el objetivo principal o los objetivos secundarios
- Muestra de forma clara y ordenada las posibles formas de obtener un efecto o alcanzar un objetivo determinado
- Es útil para cualquier tipo de planificación, ya sea de gestión o de diseño
- Permite enfocar la atención en los detalles más pequeños de la implantación que hacen inevitable la consecución del siguiente nivel del árbol

DIAGRAMA DE MATRIZ

El diagrama matricial es una herramienta que ordena grandes grupos de características, funciones y actividades de tal forma que se pueden representar

gráficamente los puntos de conexión lógica existente entre ellos. También muestra la importancia relativa de cada punto de conexión en relación con el resto de correlaciones.

Se basa en principio de que si se sitúa un conjunto de elementos en las filas de una matriz (horizontales) y otro conjunto de elementos en las columnas de la misma matriz (verticales), los puntos de intersección de filas y columnas indicarán la relación entre ambos conjuntos.

Este tipo de diagrama facilita la identificación de relaciones que pudieran existir entre dos o más factores, sean éstos: problemas, causas y procesos; métodos y objetivos; o cualquier otro conjunto de variables. Una aplicación frecuente de este diagrama es el establecimiento de relaciones entre requerimientos del cliente y características de calidad del producto o servicio.

Las disposiciones más comunes son:

- Diagrama matricial en “L”. Es el diagrama matricial básico, se utiliza para representar relaciones entre dos tipos distintos (A,B) mediante una disposición en filas y columnas

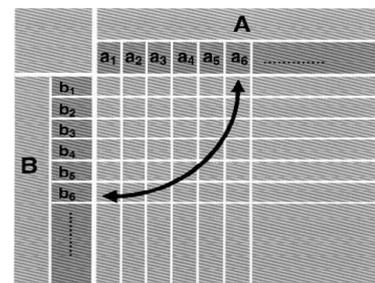


Figura 3.1

- Diagrama matricial en “A”. El objetivo de utilizar esta matriz es permitir realizar dos análisis matriciales de forma simultánea, un análisis para un único factor mediante una matriz en A sobre puesta a uno de los lados de la matriz en L

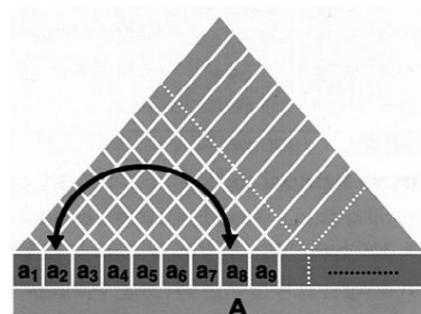


Figura 3.2

- Diagrama Matricial en “T”. Es el formato correspondiente a la combinación de dos Diagramas Matriciales en L. Se utiliza para representar las relaciones existentes entre dos conjuntos de factores distintos, con un tercer conjunto de factores. Son matrices clásicas para el análisis de causas (conjunto C), de fallos (Conjunto A) y origen de las causas (Conjunto B)

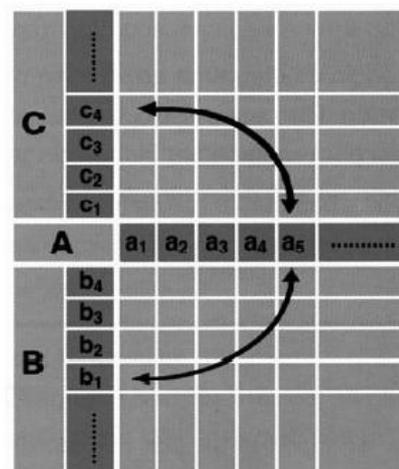


Figura 3.3

- Diagrama matricial en “Y”. Es el formato correspondiente a la combinación de tres DM en L. Se utiliza para representar las relaciones existentes entre tres conjuntos de factores distintos: conjunto A, conjunto B y conjunto C

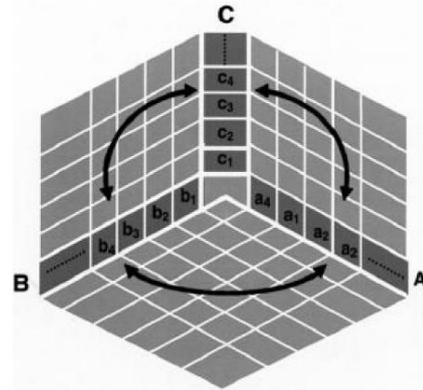


Figura 3.4

- Diagrama Matricial en “X”. Es un formato menos utilizado que los anteriores. Se utiliza para mostrar la interacción existente entre cuatro conjuntos A, B, C D en parejas AB, AD, CD, BC

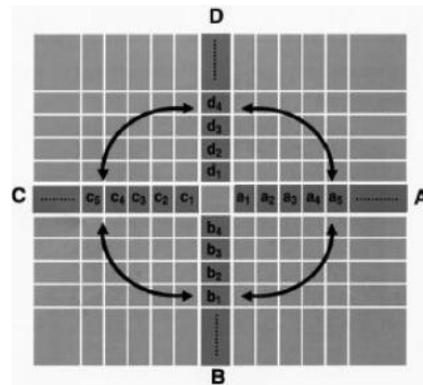


Figura 3.5

Objetivo

Identificar, analizar y clasificar de forma metódica la existencia o no de las relaciones entre 2 o más conjuntos de ideas, así como la fuerza de dichas relaciones en caso de que existan.

¿Cómo?

- Definir el objetivo de la construcción del Diagrama Matricial
- Establecer el Diagrama Matricial a utilizar
- Identificar los factores correspondientes a cada uno de los tipos implicados en el estudio
- Dibujar el Diagrama Matricial
- Identificar y marcar la intensidad de las relaciones entre los factores de los diferentes tipos
- Rotular el diagrama y añadir la información relevante

Beneficios

- Visualiza claramente los patrones de responsabilidad para que haya una distribución pareja y apropiada de las tareas
- Ayuda al equipo a llegar a un consenso con relación a pequeñas decisiones, mejorando la calidad de la decisión final

- Mejora la disciplina de un equipo en el proceso de observar minuciosamente un gran número de factores de decisión importantes
- Establece la relación entre distintos elementos o factores, así como el grado en que ésta se da
- Hace perceptibles los patrones de responsabilidades así como la distribución de tareas

DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA-EFECTO)

Es una representación gráfica en forma de espina de pescado que permite identificar las causas que afectan un determinado problema en una forma cualitativa. Recibe el nombre de Diagrama de Ishikawa en homenaje al nombre de su creador.

El Diagrama de Ishikawa puede estar relacionado con uno o más de los factores (6 Ms) que intervienen en cualquier proceso productivo:

- Métodos (los procedimientos usados en la realización de actividades)
- Mano de obra (la gente que realiza las actividades)
- Materia prima (el material que se usa para producir)
- Medición (los instrumentos empleados para evaluar procesos y productos)
- Medio Ambiente (las condiciones del lugar de trabajo)
- Maquinaria y equipo (los equipos y periféricos usados para producir)

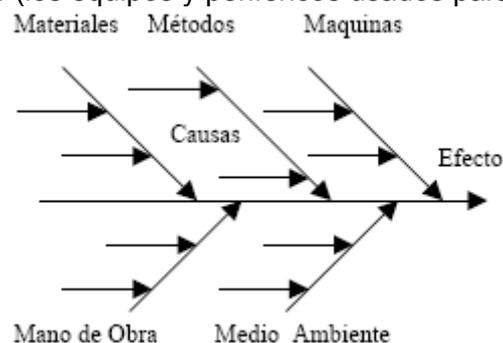


Figura 3.6 Diagrama de causa – efecto

Objetivo

Identificar las distintas causas que generan un problema.

¿Cómo?

- Establecer y acordar con un grupo de trabajo la definición del problema objeto de la discusión. Esta definición constituirá el efecto
- Realizar una sesión de tormenta de ideas de manera ágil, ordenada y sin discusiones para determinar las categorías más importantes de causas del problema
- Colocar las categorías al final de las líneas oblicuas que parten de la línea horizontal
- Realizar una sesión de tormenta de ideas generando todas las posibles causas del problema
- Colocar en cada una de las ramas las posibles causas del problema
- Analizar cada una de las ideas expresadas

A veces en lugar de una o más de las 6 M's, se puede realizar un Diagrama de Ishikawa con base en las fases de un proceso.

Beneficios

- Ayuda a encontrar y a considerar todas las causas posibles del problema
- Ayuda a determinar las causas raíz de un problema de una manera estructurada
- Anima la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo
- Ayuda a focalizarse en las causas del tema sin caer en quejas y discusiones irrelevantes
- Utiliza y ordena, en un formato fácil de leer las relaciones de diagrama causa-efecto
- Aumenta el conocimiento sobre el proceso ayudando a todos a aprender más sobre los factores referentes a su trabajo y cómo éstos se relacionan

DIAGRAMA DE RELACIONES

Permite obtener una visión en conjunto de la complejidad de un problema. Presenta qué causas están relacionadas con determinados efectos y cómo se relacionan entre sí diferentes conjuntos de causas y efectos.

Se denominan efectos clave a aquellas ideas que tengan muchas más flechas entrantes que salientes.

Los conductores clave son aquellas ideas / temas que tienen muchas más flechas salientes que entrantes.

Cuando se construye un Diagrama de Árbol con posterioridad al Diagrama de Relaciones, estos conductores clave serán los que se encuentren más cercanos al "tronco" del Diagrama de Árbol.

Objetivo

Explorar e identificar las relaciones causales entre los elementos

¿Cómo?

- Formar un equipo, teniendo en cuenta las mismas consideraciones que en el Diagrama de Afinidad
- Enunciar el problema por escrito; es necesario realizar una descripción clara del tema bajo discusión. Cuando el tema es más complejo o no se encuentra bien delimitado, se suele utilizar previamente un Diagrama de Afinidad para generar los temas claves que se van a explorar
- Listar las causas probables del problema, encerrar cada causa en un círculo
- Identificar el resultado que corresponde a cada causa, cada resultado se escribe y se encierra en un círculo
- Relacionar la causa con su resultado mediante una flecha
- Cuando un resultado es causa de otro resultado, se pone una flecha partiendo del resultado-origen hacia el resultado correspondiente

- Analizar el Diagrama de Relaciones, contabilizando el número de flechas que “entran” y que “salen” de cada idea. Esta información debe ser registrada en la esquina superior de cada idea

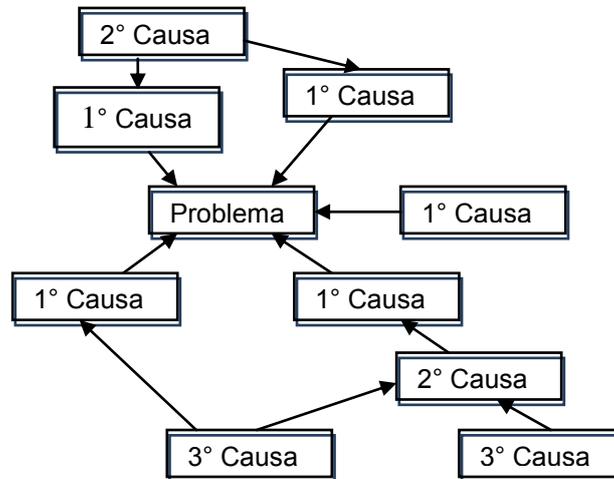


Figura 3.7

Beneficios

- Se obtiene un panorama global de problemas o situaciones complejas
- Muestra y permite entender las relaciones causa-efecto existentes entre los diferentes factores causales de un problema

3.4.4 FASE 4. MEJORAR

DIAGRAMA DE PROCESO DE DECISIÓN

Herramienta que permite analizar, de forma sistemática, la existencia de acontecimientos no deseados y desarrollar las medidas específicas para evitar los riesgos asociados a dichos acontecimientos.

Cuando exista incertidumbre en el plan de implementación de un programa de mejora, cuando la actividad a desarrollar no sea rutinaria, cuando el plan de implementación sea complejo y/o la probabilidad de fallo sea alta, se recomienda utilizar este diagrama.

El tema o asunto principal que desencadena el proceso de construcción de un Diagrama de Proceso de Decisión por lo general proviene de la utilización de otras herramientas, como el Diagrama de Afinidad, el Diagrama de Relaciones o incluso el Diagrama de Árbol.

Objetivo

Identificar y representar todos los acontecimientos y contingencias posibles que puedan suceder.

¿Cómo?

- Seguir los pasos para la construcción de un Diagrama de Árbol hasta su consecución
- Tomar una rama del Diagrama de Árbol y realizar las siguientes preguntas: ¿qué podría ir mal en este paso? o ¿qué otro camino podría tomar este paso?
- Responder a las preguntas planteadas en el paso anterior en las bifurcaciones del camino original
- Registrar, al lado de cada paso, las acciones / contramedidas que deberían tomarse
- Clasificar las contramedidas con el siguiente criterio:
 - X = contramedida imposible / difícil
 - O = Contramedida seleccionada
- Continuar el proceso hasta agotar el camino principal
- Repetir los pasos anteriores en la siguiente (en importancia) rama del árbol
- Responder a las preguntas planteadas en el paso 2 en las bifurcaciones del camino original
- Unir las distintas ramas individuales en un Diagrama de Proceso de Decisiones final, revisándolo con los miembros del equipo y modificando / ajustando lo que sea necesario

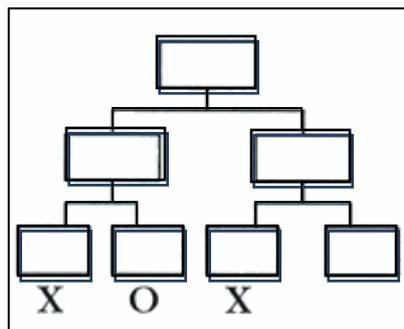


Figura 3.8

Beneficios

- Prevé e identifica problemas o desviaciones y busca soluciones

MATRICES DE PRIORIZACIÓN

Herramienta utilizada para priorizar actividades, temas, características de productos/servicios, etc., en base a criterios de ponderación conocidos, utilizando una combinación de las técnicas de Diagrama de Árbol y Diagrama Matricial.

En algún momento de toda planificación o metodología de mejora, es necesario decidir qué es más necesario o más importante hacer para la organización y cuándo realizarlo, es decir, restablecer prioridades. Las matrices de priorización permiten realizar esta toma de decisión de una forma objetiva.

Objetivo

Establecer un orden de prioridad entre las distintas opciones presentadas a la hora de llevar a cabo un plan de acción.

¿Cómo?

- Definir el problema
- Realizar un diagrama de árbol
- Construir una matriz en L, combinando las opciones y los criterios a aplicar
- Conformar un grupo con el número requerido de personas
- Establecer prioridades en los criterios. El proceso recomendado de establecimiento de prioridades consiste en realizar un primer análisis para establecer las áreas generales de acuerdo / desacuerdo. La Técnica de Grupo Nominal es un método popular para alcanzar este objetivo
- Ordenar las opciones en base a cada criterio
- Construir la matriz "opciones / criterios ponderados". Ver figura 3.9
- Registrar el orden alcanzado por cada opción
- Ponderar del orden alcanzado por cada opción
- Priorizar acciones de acuerdo a puntuación (menor puntuación = mayor prioridad)

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Total
OPCION 1					
OPCION 2					
OPCION 3					
OPCION 4					
OPCION 5					
OPCION 6					
OPCION 7					

Figura 3.9

Beneficios

- Identifica los principales problemas de entre un grupo de ellos
- Ayuda a priorizar ideas, actividades y características

3.4.5 FASE 5. CONTROLAR

DIAGRAMA DE FLECHAS

Es una herramienta que ordena grandes grupos de características, funciones y actividades de tal forma que se pueden representar gráficamente los puntos de conexión lógica existente entre ellos. También muestra la importancia relativa de cada punto de conexión en relación con el resto de correlaciones.

Es una técnica de red de proyecto donde las actividades se representan como flechas que indican las dependencias entre los nodos.

Se utiliza para programar las actividades necesarias en el cumplimiento de una tarea compleja lo más pronto posible, controlando el progreso de cada actividad.

Es similar a la técnica conocida como CPM (Camino de Ruta Crítica).

Los datos mínimos para que podamos elaborar una red o diagrama de flechas son:

- El listado de actividades programadas
- La secuencia o la columna de las actividades inmediatamente siguientes

Términos básicos en la construcción del un Diagrama de Flechas

- Actividad: cualquier parte del un proyecto que consuma tiempo y/o recursos y disponga de un inicio y de un final perfectamente definidos. Se representan mediante flechas
- Actividad imaginaria: es la representación gráfica, en forma de actividades, de la dependencia lógica entre dos actividades (la segunda actividad no puede comenzar antes de que haya finalizado la primera). Se representan mediante línea discontinua
- Hitos o eventos: son los puntos representativos del comienzo o del fin de una actividad. En los diagramas de flechas, las actividades representan el trabajo necesario para pasar de un hito o evento al siguiente. Un hito representa un punto instantáneo de tiempo. Se representan mediante círculos

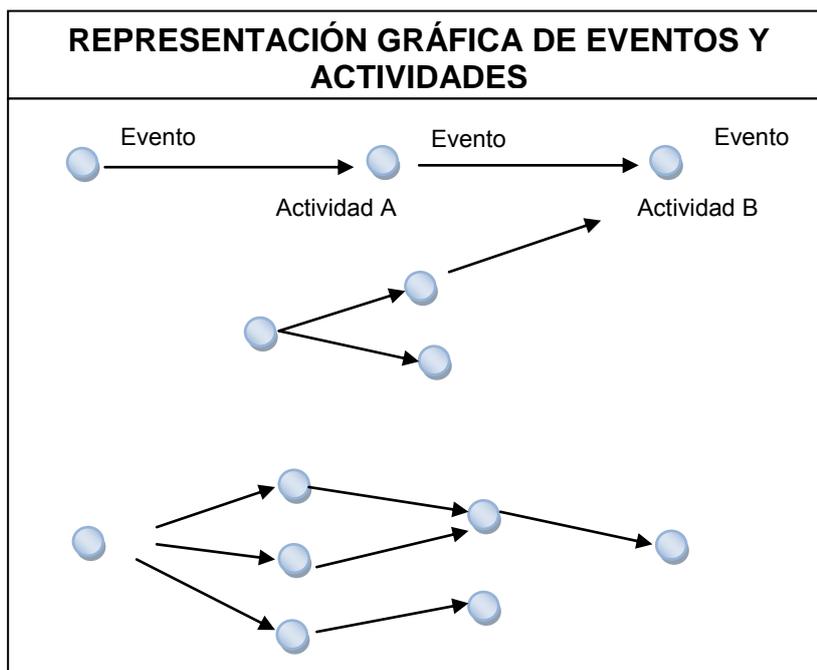


Figura 3.10

Objetivo

Su objetivo es determinar el tiempo óptimo de un proyecto, identificar las actividades necesarias para el cumplimiento del tiempo mínimo, elaborar un plan completo y detallado, revisar el plan en la etapa de planeación y clasificar las prioridades del proyecto.

¿Cómo?

- Definir el objetivo de la construcción del diagrama de flechas
- Definir los límites del proyecto a planificar
- Identificar y representar los eventos
- Definir y representar las actividades
- Identificar las actividades imaginarias
- Comprobar la integridad del gráfico

Beneficios

- La construcción de la red es mucho más sencilla ya que no requiere actividades ficticias
- Permite introducir demoras en las relaciones, que en el Diagrama de Flechas implicaría la introducción de una nueva actividad, incluso se pueden usar demoras negativas en el caso en que la sucesora pueda empezar antes de finalizar la precedente

GRÁFICOS DE CONTROL DE PROCESOS

Los gráficos de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso.

Es un gráfico de líneas en el se representan las mediciones de un proceso o producto en función del tiempo.

Objetivo

Controlar el proceso identificando problemas mediante la variación de los procesos en función del tiempo.

Los puntos representados pueden ser las mediciones reales de una característica de un producto o estadísticos (medias muestrales, desviaciones típicas muestrales, etc.) obtenidos de muestras.

Estos gráficos disponen de una línea central que es representativa de la tendencia central del proceso, así como de unas fronteras denominadas límites de control, que son representativas de la variación del proceso cuando sobre él solamente actúan causas aleatorias de variación.

Los límites de control están situados a una distancia de más/menos tres desviaciones típicas a partir de la línea central.

Los estadísticos representados más comúnmente son la media muestral, el recorrido muestral, la desviación típica muestral, el porcentaje de producto no conforme y el número medio de defectos por unidad.

Todos los procesos tienen variación y los gráficos de control estadístico muestran dicha variación.

Elementos de una Gráfica de control

Estos son los límites de control, la línea central, las escalas horizontal y vertical y los puntos de la gráfica.

Los límites de control representan la “voz” del proceso. Depende de la variación del mismo e indican anomalías en el comportamiento del mismo.

GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

Una variable puede definirse como una dimensión medible en una escala continua.

Por lo tanto, son gráficos de control basados en la observación de la variación de características medibles del producto o servicio.

Se usan para contrastar las características de calidad cuantitativas. Suelen permitir el uso de procedimientos de control más eficientes y proporciona más información respecto al rendimiento del proceso.

Caso a Tratar	Gráfico a utilizar	Tamaño del subgrupo
<ul style="list-style-type: none"> • Datos de tipo variable • Una sola característica a medir • Producción alta • Característica medible en taller. No necesario apoyo de cálculo 	(X, R)	Menor de 10 Preferible 5
<ul style="list-style-type: none"> • Datos de tipo variable • Una sola característica • Producción alta • Característica no medible en taller. Necesario apoyo de cálculo 	(X, S)	Mayor de 10
<ul style="list-style-type: none"> • Datos de tipo variable • Una sola característica a medir • Producción baja • Imposibilidad de formar subgrupos racionales de dos o más de dos elementos 	(XI, RM)	1

Tabla 3.3

GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES (Medias, R)

Un gráfico \bar{X} contiene las medias muestrales – con acento - de la característica que se pretende estudiar, por lo que mediante él podremos detectar posibles variaciones en el valor medio de dicha característica durante el proceso (desviaciones con respecto al objetivo). Un gráfico R es un gráfico de control para rangos muestrales. Se utiliza para medir la variación del proceso y detectar las posibles existencias de causas especiales.

Objetivo

Vigilar el comportamiento de la tendencia central del proceso y de la variabilidad del mismo a través del recorrido R, mediante la mediación de una sola característica.

Los símbolos que se utilizan son los siguientes:

Símbolo	Definición
A2, D3, D4	Constantes utilizadas en el cálculo de los límites de control
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de Control Inferior
LCS	Límite de Control Superior
N	Tamaño del subgrupo
R	Recorrido. Punto a representar en un gráfico de recorridos.
\bar{R}	Recorrido Medio. Línea central de un gráfico de recorridos.
Σ	Sumatoria
X	Medición individual
\bar{X}	Media de mediciones individuales. Punto a representar en el gráfico de medias.
$\bar{\bar{X}}$	Media de las media de mediciones individuales. Línea central de un gráfico de medias.

Tabla 3.4

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
Medias \bar{X}	$LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$ $LCI = \bar{X} - A_2 \bar{R}$	$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{K}$	$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$
RECORRIDOS R	$LCS = D_4 \bar{R}$ $LCI = D_3 \bar{R}$	$\bar{R} = \frac{\sum R}{k}$	$R = X_{\max} - X_{\min}$

Tabla 3.5

Condiciones

- Tamaño de subgrupo comprendido entre 2 y 10
- Una sola característica en cada gráfico
- Producción alta
- Disponer de entre 20 y 25 subgrupos para el cálculo de los límites de control y la línea central

¿Cómo?

- Definir la característica a medir (característica de control)
- Definir el punto de inspección (en que etapa del proceso se va a medir la característica)
- Seleccionar el gráfico de control a utilizar
- Analizar el sistema de medición
- Determinar el tamaño del subgrupo (tamaño de la muestra) a medir
- Determinar la frecuencia de la medición
- Tomar físicamente las mediciones
- Representar las mediciones o el estadístico utilizado, uniéndolas mediante una línea
- Calcular la línea central y los límites de control superior e inferior
- Identificar si hay puntos fuera de los límites de control

Beneficios

- Permite la máxima utilización de la información disponible a partir de los datos
- Proporciona información detallada sobre la media y la variación del proceso para controlar las dimensiones individuales

GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES (Medias, D. Típicas)

Son gráficos de control para datos de tipo variable, permite mayor precisión que los gráficos (\bar{X} , R) aunque los cálculos son más complicados. Se recomiendan cuando la medición se realiza fuera del taller.

Objetivo

Vigilar el comportamiento de la tendencia central del proceso \bar{X} y de la variabilidad del mismo a través de la desviación típica S , mediante la medición de una sola característica.

Los símbolos que se utilizan son los siguientes:

Símbolo	Definición
A3, B3, B4	Constantes utilizadas en el cálculo de los límites de control
k	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de Control Inferior
LCS	Límite de Control Superior
n	Tamaño del subgrupo
S	Desviación típica. Punto a representar en un gráfico de desviaciones típicas.
$S_{\bar{X}}$	Desviación típica media. Línea central de un gráfico de desviaciones típicas.
\sum	Sumatorio
X	Medición individual
\bar{X}	Media de mediciones individuales. Punto a representar en el gráfico de medias.
$\bar{\bar{X}}$	Media de las media de mediciones individuales. Línea central de un gráfico de medias.

Tabla 3.6

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
Medias \bar{X}	$LCS = \bar{X} + A_3 \bar{S}$ $LCI = \bar{X} - A_3 \bar{S}$	$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}$	$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$
RECORRIDOS R	$LCS = \bar{X} + B_4 \bar{S}$ $LCI = \bar{X} - B_3 \bar{S}$	$\bar{S} = \frac{\sum S}{k}$	$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

Tabla 3.7

Condiciones

- Tamaño del subgrupo mayor de 10
- Una sola característica en cada gráfico
- Producción alta
- Disponer de entre 20 y 25 subgrupos para el cálculo de los límites de control y la línea central

¿Cómo?

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Representando medias y desviaciones típicas de subgrupos muestrales en gráficos separados, disponiendo cada gráfico de línea central y límites de control

GRÁFICA DE CONTROL POR VARIABLE (XI, Rm)

Es un gráfico de control para datos de tipo variable. Es necesario cuando el considerar muestras de tamaño mayor que 1 resulte demasiado caro, inconveniente o imposible. En este procedimiento de control se emplea el rango móvil de dos observaciones sucesivas para estimar la variabilidad del proceso.

Objetivo

Vigilar el comportamiento de la tendencia central del proceso y de la variabilidad del mismo utilizando mediciones individuales, mediante la medición de una sola característica.

Los símbolos que se utilizan son los siguientes:

Símbolo	Definición
k	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de Control Inferior
LCS	Límite de Control Superior
RM	Recorrido móvil. Diferencia típica
\bar{RM}	Desviación típica media. Línea central de un gráfico de desviaciones típicas.
Σ	Sumatorio
X	Medición individual
\bar{X}	Media de mediciones individuales. Punto a representar en el gráfico de medias.
$\bar{\bar{X}}$	Media de las media de mediciones individuales. Línea central de un gráfico de medias.

Tabla 3.8

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
V. Individuales IX	$LCS = \bar{X} + (2,66x \bar{RM})$ $LCI = \bar{X} - (2,66x \bar{RM})$	$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$	X
R. Móviles RM	$LCS = 3,27x \bar{RM}$ $LCI = 0$	$\bar{RM} = \frac{\Sigma RM}{k - 1}$	RM = diferencia positiva entre dos mediciones individuales sucesivas

Tabla 3.9

Condiciones

- Tamaño de subgrupo igual a 1
- Una sola característica en cada gráfico
- Producción baja
- Disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y línea central

¿Cómo?

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Representando mediciones individuales y recorridos móviles en gráficos separados disponiendo cada gráfico d línea central y límites de control

GRÁFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Son usadas para medir características discretas, es decir, medibles (contables) sobre una escala que solamente toma valores puntuales o discretos, como el número de defectos o el número de artículos defectuosos.

Caso a Tratar	Gráfico a utilizar	Tamaño del subgrupo
<ul style="list-style-type: none"> • Datos de tipo atributo • Más de una característica a medir • Producción muy alta • Tamaño de subgrupo constante • Se mide y representa el número de unidades no conformes 	p	Superior a 30 pudiendo ser constante o variable
<ul style="list-style-type: none"> • Datos de tipo atributo • Mas de una característica a medir • Producción muy alta • Tamaño de subgrupo constante • Se mide y representa el número de unidades no conformes 	np	Superior a 30 debiendo ser constante
<ul style="list-style-type: none"> • Datos de tipo atributo • Mas de una característica a medir • Producción muy alta • Tamaño del subgrupo constante • Se mide y representa el número de no conformidades 	c	Más de una unidad pero constante
<ul style="list-style-type: none"> • Datos de tipo atributo • Mas de una característica a medir • Producción muy alta • Tamaño del subgrupo constante o variable • Se mide y representa el número de no conformidades por unidad 	u	Más de una unidad pudiendo ser constante o variable

Tabla 3.10

¿Cómo?

- Definir la característica a medir (característica de control)
- Definir el punto de inspección (en que etapa del proceso se va a medir la característica)
- Seleccionar el gráfico de control a utilizar
- Analizar el sistema de medición
- Determinar el tamaño del subgrupo (tamaño de la muestra) a medir
- Determinar la frecuencia de la medición
- Tomar físicamente las mediciones
- Representar las mediciones o el estadístico utilizado, uniéndolas mediante una línea
- Calcular la línea central y los límites de control superior e inferior
- Identificar si hay puntos fuera de los límites de control

Beneficios

- Son fáciles de usar e interpretar, tanto por el personal encargado de los procesos como por la dirección de éstos
- Permite que las decisiones se basen en hechos y no en intuiciones o en apreciaciones subjetivas
- Mejoran la productividad
- Son eficaces en la prevención de defectos
- Previenen ajustes innecesarios del proceso
- Proporciona información sobre la capacidad del proceso

GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “P”

Gráfica de control por atributos para la fracción no conforme.

Objetivo

Evaluar la fracción o el porcentaje de unidades defectuosas.

Está herramienta debe utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- El tamaño de la muestra n puede ser variable
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos

¿Cómo?

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme
- Representando proporciones no conformes en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control
- Sea una variable aleatoria (VA) que denota el número de artículos o unidades defectuosas en una muestra n . Entonces si

- ✓ Existen solamente dos posibles resultados para cada prueba (obtener un artículo y evaluar si dicho artículo es defectuoso o no defectuoso)
- ✓ La probabilidad de obtener una unidad defectuosa (probabilidad de éxito) es constante para todas las pruebas
- ✓ Existen n pruebas (n constante)
- ✓ Las pruebas son independientes, la distribución de la VA X es binomial

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
P	Proporción no conforme en un subgrupo. Punto a representar en un gráfico p
\bar{p}	Proporción no conforme media. Línea central de un gráfico p
Σ	Sumatoria
n_i	Tamaño del subgrupo i
d_i	Número de unidades no conformes en el subgrupo i

Tabla 3.11

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
p	$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$ $LCS = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{p} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	$\bar{p}_i = \frac{d_i}{n_i}$

Tabla 3.12

Condiciones

- El tamaño de la muestra es tal que la expresión: $\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ no contiene ni al cero ni al uno
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “NP”

Gráfica de control por atributos para el número de unidades no conformes.

Objetivo

Evaluar el número de unidades defectuosas, con n constantes.

Esta herramienta puede utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- Cuando se puedan obtener tamaños de muestra constantes
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos

¿Cómo?

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme y mantener constante dicho tamaño
- Representando el número de unidades no conformes en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
Np	Número de unidades no conformes en un subgrupo. Punto a representar en un gráfico np
\bar{np}	Número de unidades no conforme media. Línea central de un gráfico np
Σ	Sumatoria
n_i	Tamaño del subgrupo i
d_i	Número de unidades no conformes en el subgrupo i

Tabla 3.1

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
Np	$LCS = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1-p)}$ $LCI = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-p)}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{np} \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{k}$	d_i

Tabla 3.14

Condiciones

- El tamaño de la muestra es tal que la expresión: $\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ no contiene ni al cero ni al uno
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “C”

Gráfica de control por atributos para el número de no conformidades por muestra.

Objetivo

Evaluar el número de defectos en unidades bien definidas (n constante).

Está herramienta puede utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- Cuando se puedan obtener tamaños de muestra constantes
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos medido dicho nivel como el número medio de no conformidades por muestra

¿Cómo?

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme y mantener constante dicho tamaño
- Representando el número de unidades no conformes por muestra en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
c_i	Número de no conformidades en el subgrupo i. Punto a representar en un gráfico c
$c\bar{c}$	Número de no conformidades medio. Línea central de un gráfico c
Σ	Sumatoria
n	Tamaño del subgrupo

Tabla 3.15

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
c	$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ $LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k}$	c_i

Tabla 3.16

Condiciones

- Exigir que el tamaño de la muestra sea tal que exista al menos una no conformidad en cada subgrupo
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “U”

Gráfica de control por atributos para el número de unidades de no conformidades por unidad.

Objetivo

Evaluar el número de defectos por unidad. El tamaño de la muestra n puede ser variable.

Está herramienta puede utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- Cuando se puedan obtener tamaños de muestra constantes
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos medido dicho nivel como el número de no conformidades por unidad

¿Cómo?

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos una no conformidad
- Representando el numero de no conformidades por unidad en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
c_i	Número de no conformes en el subgrupo i
n_i	Tamaño del subgrupo i
u_i	Número de no conformidades por unidad en el subgrupo i. Punto a representar en un gráfico u
\bar{u}	Número de no conformidades medio por unidad. Línea central de un gráfico u
Σ	Sumatoria

Tabla 3.17

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
U	$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ $LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	$u = \frac{c}{n}$

Tabla 3.18

Condiciones

- Exigir que el tamaño de la muestra sea tal que exista al menos una no conformidad en cada subgrupo
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

1.4 RESUMEN

En este capítulo se dieron a conocer las diferentes técnicas que conforman Seis Sigma, las cuales mediante la recopilación de datos, ayudan a medir y mejorar el rendimiento operativo de una empresa mediante la identificación y eliminación de los defectos para satisfacer las necesidades de los clientes; también ayuda a corregir problemas antes de que estos se presenten.

El objetivo de Seis Sigma es reducir defectos, errores y fallas a un valor próximo a cero para poder lograr obtener productos y/o servicios de calidad, ya que cuanto mayor sea el número de clientes insatisfechos, mayor es la tendencia de perder espacio en el mercado. Para lograr este objetivo es necesario la utilización y

adecuación de diferentes herramientas, tales como: diagrama de Ishikawa, diagrama de afinidad, diagrama de flechas entre muchos otros.

Las grandes compañías a nivel mundial utilizan la técnica Seis Sigma elaborando inspecciones visuales y electrónicas y aplicando las herramientas estadísticas, con las cuales se puede observar el comportamiento de los procesos.

Implementar Seis Sigma en una organización crea una cultura interna de individuos educados en una metodología estandarizada para controlar los procesos y lograr simplificarlos reduciendo el número de pasos y volviéndolos más rápidos y eficientes. Al mismo tiempo, esos procesos son optimizados para que no generen defectos y no presenten oportunidades de error. Es esencial que el compromiso con el enfoque Seis Sigma comience y permanezca en la alta dirección de la compañía para poder comenzar a generar los cambios necesarios para lograr mejorar los procesos.

En conclusión, con Seis Sigma se mejoran las características del producto o servicio, permitiendo conseguir mayores ingresos, así mismo permite el ahorro de costos que se deriva de la disminución de fallas o errores y de los menores tiempos de ciclo en los procesos.

CAPÍTULO IV CASO DE ESTUDIO

4.1 INTRODUCCIÓN

Como ya vimos en el capítulo I, la importancia de apoyar a las PYMES mexicanas radica en la contribución que al país realizan, debido a que se presentan como una alternativa frente al desempleo, de ahí que debemos apoyar a este tipo de empresas ofreciendo herramientas para aprovechar al máximo los recursos con los que cuenta y que pueda competir en el mercado. Por lo que nos dimos a la tarea de realizar un diagnóstico en la empresa: PROARCE, para encontrar áreas de oportunidad valiéndonos de las técnicas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

4.2 ANTECEDENTES

Desde 1990, en PROARCE se crearon soluciones de máxima eficiencia para responder a las necesidades de distribución, exhibición y empaque con productos plásticos. Actualmente, su meta es lograr la línea más completa de productos diseñados a la medida.

PROARCE cuenta con 180 empleados, por lo que es una mediana empresa de acuerdo a la clasificación realizada por el INEGI.ercado”.⁶ En la empresa se trabajan 3 turnos: matutino de 6:00 a 14:00, vespertino de 14:00 a 22:00 y nocturno de 22:00 a 6:00.

Se llevan a cabo 2 procesos, uno es el proceso de inyección, mediante el cual se elaboran charolas para distribución y transportación de alimentos, exhibidores de productos alimenticios, tapas y envases para diferentes usos, artículos promocionales de una o varias piezas y exhibidores (ver figura 4.1 y 4.2) y el otro proceso es termoformado, mediante el cual elaboran contenedores de tipo desechables para el empaque y protección de alimentos, exhibidores y charolas termoformadas (ver figura 4.3 y 4.4).

PROARCE es una empresa que está certificada por las normas ISO 9000-2000.



Figura 4.1 Máquina de inyección

⁶ Ver tabla pág. 5



Figura 4.2 Charolas



Figura 4.3 Máquina de termoformado



Figura 4.4 Recipientes y charolas

En la figura 4.5 se muestran algunos de sus clientes.



Figura 4.5 Algunos clientes de PROARCE

OBJETIVO

Realizar un diagnóstico de la empresa para poder identificar la problemática y así proponer soluciones mediante la integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

4.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.3.1 ORGANIGRAMA

En la figura 4.6 se muestra el organigrama de la Gerencia de Operaciones en la cual se llevó a cabo el diagnóstico realizado.

Gerencia de Operaciones

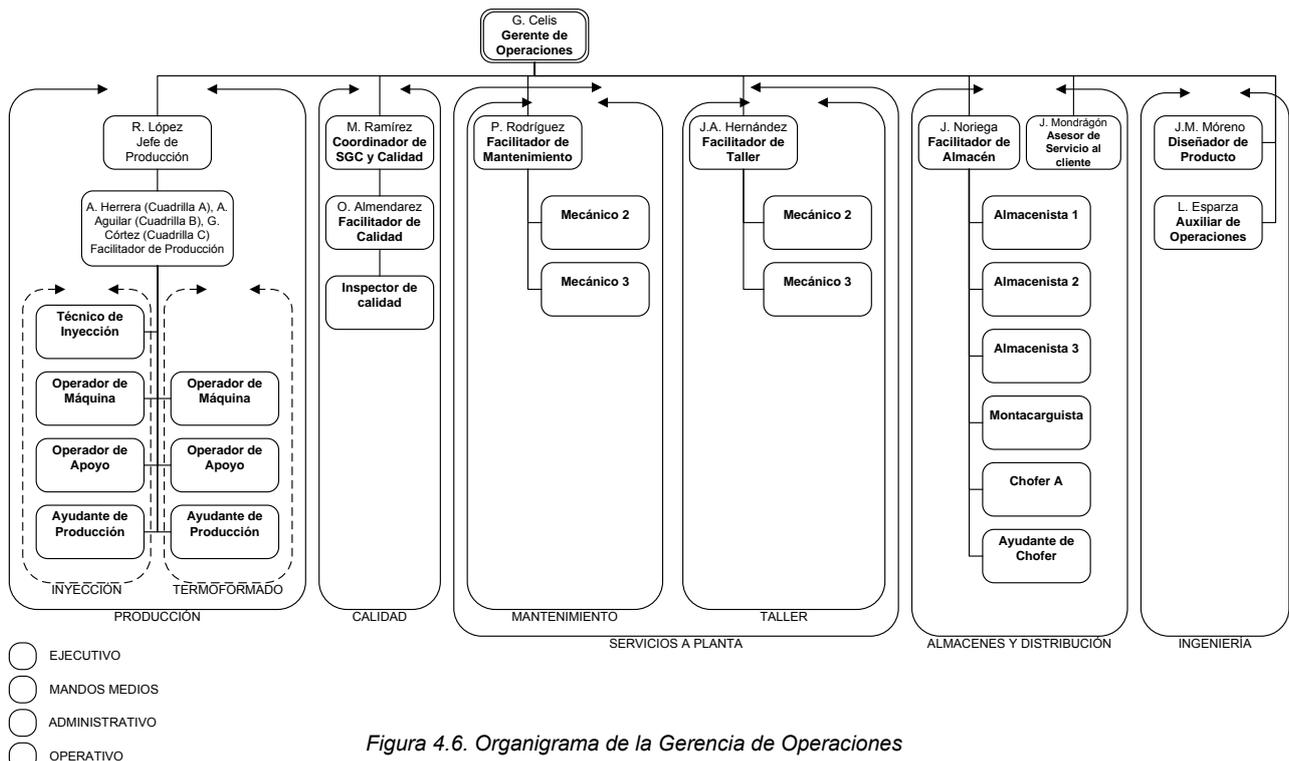


Figura 4.6. Organigrama de la Gerencia de Operaciones

4.3.2 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS

Lay Out

Como se observa en la figura 4.7, el área de producción está conformado por:

- *Andén.* Área para carga y descarga de materia prima y producto terminado. La parte izquierda del andén la utilizan para almacenar la materia prima de inyección
- *Área de inyección.* Se encuentra en frente del andén y cuenta con 11 inyectoras distribuidas en L, con un cuarto donde se almacenan los pigmentos, se tritura el producto defectuoso y se coloca la materia prima en tránsito. Cabe mencionar, que aunque la sección B no es un almacén, esta es utilizada para colocar el producto terminado de dicha área
- *Sección A.* Ubicada en el área de inyección, ahí se colocan las tarimas que se utilizan para transportar la materia prima y el producto terminado
- *Área de termoformado.* En esta área se tienen 9 máquinas con una distribución en línea, a un costado se encuentra un cuarto de preparación de moldes y otro de manejo de scrap. En la parte posterior se cuenta con un área de producto conforme en la cual se entrega el producto terminado al almacén en cada cambio de turno
- *Área de mantenimiento.* Se encuentra localizado a un costado de calidad, y es donde se almacenan cada una de las herramientas para darle el respectivo mantenimiento a las instalaciones y a la maquinaria
- *Taller mecánico.* Está ubicado entre el almacén 2 y el área de inyección y es donde se le da mantenimiento a los moldes tanto del área de inyección como de termoformado
- *Almacenes.* En la empresa se cuentan con 8 almacenes, de los cuales solo uno es utilizado para el área de inyección. En los almacenes 1 y 2 se coloca la materia prima de termoformado, el almacén 3, 6 y 7 es para producto terminado de termoformado, el 4 es utilizado para maquinaria obsoleta, el 5 es utilizado para producto de inyección y el 8 es utilizado para guardar cajas de cartón para empaque
- *Sección C.* Localizada a un costado del almacén 5. Es utilizada para guardar los documentos fiscales que deben mantener un año de estancia antes de ser destruidos, así mismo, en la parte superior se colocan los pigmentos para el área de inyección

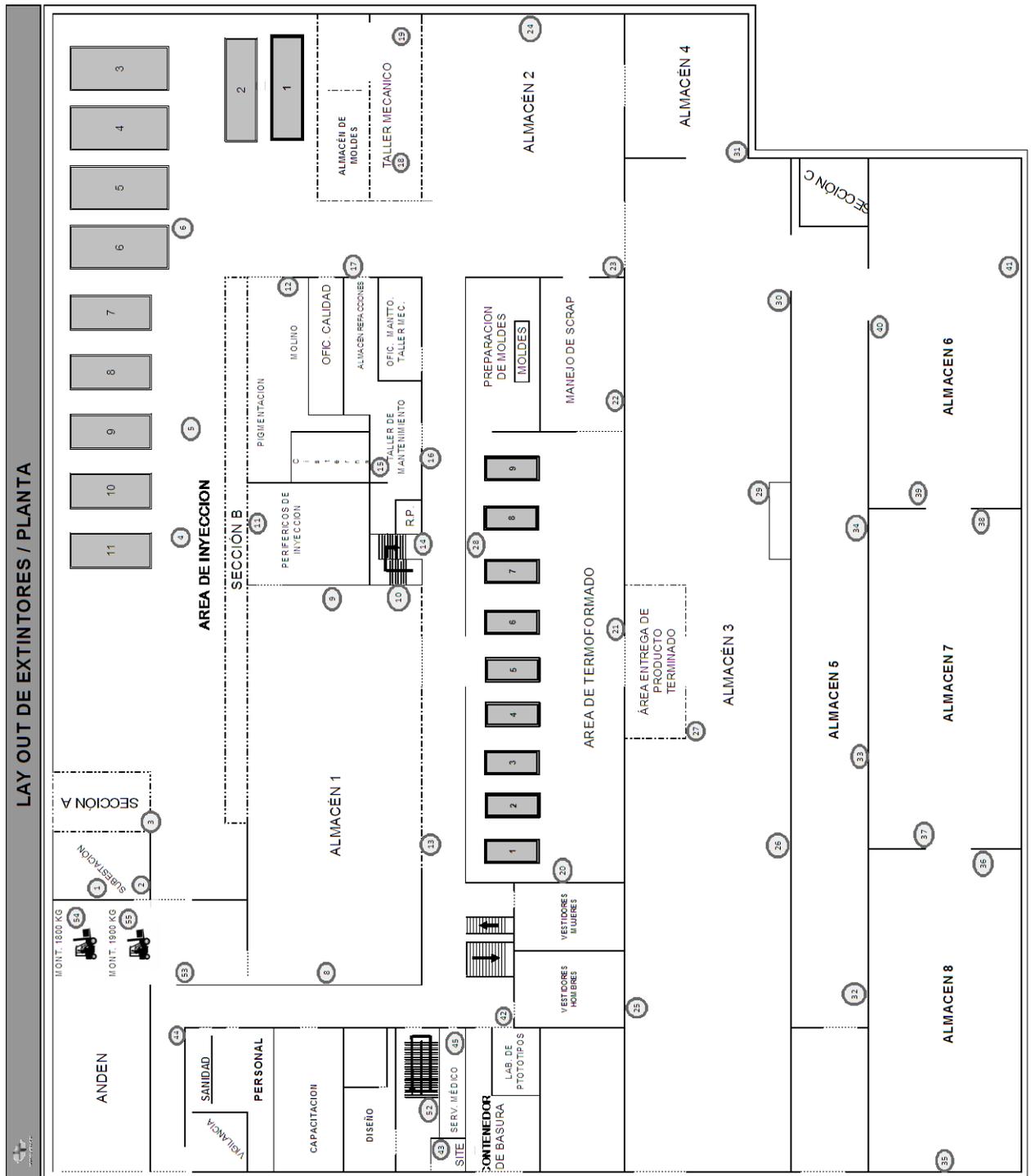


Figura 4.7. Lay Out

Para poder identificar los problemas que se encontraron en la distribución de la planta, se realizó una “Lluvia de Ideas”, la cual se muestra a continuación:

- Los almacenes de producto terminado se encuentran muy alejados del andén
- Se tiene materia prima de inyección tanto en la sección C como en el cuarto de pigmentos
- En la sección B y en el almacén 5 hay producto terminado de inyección y en este último también se encuentra producto obsoleto

Para identificar los problemas existentes en PROARCE, se realizó un estudio de operarios, máquinas, mantenimiento y almacenes de materia prima y producto terminado. Se hizo uso de algunas de las técnicas de Seis Sigma como el Diagrama de Flujo, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, entre otros.

En la figura 4.8 se muestra el “*Diagrama de Flujo*” del área de inyección. Observando y entrevistando a los operarios nos dimos cuenta que este Diagrama de Flujo no se lleva a cabo, debido a que los operarios no conocen sus funciones ocasionando pérdidas de tiempo. Esto último también se genera al no tener un lugar asignado para cada cosa como el gato hidráulico, poliestrech, etc.

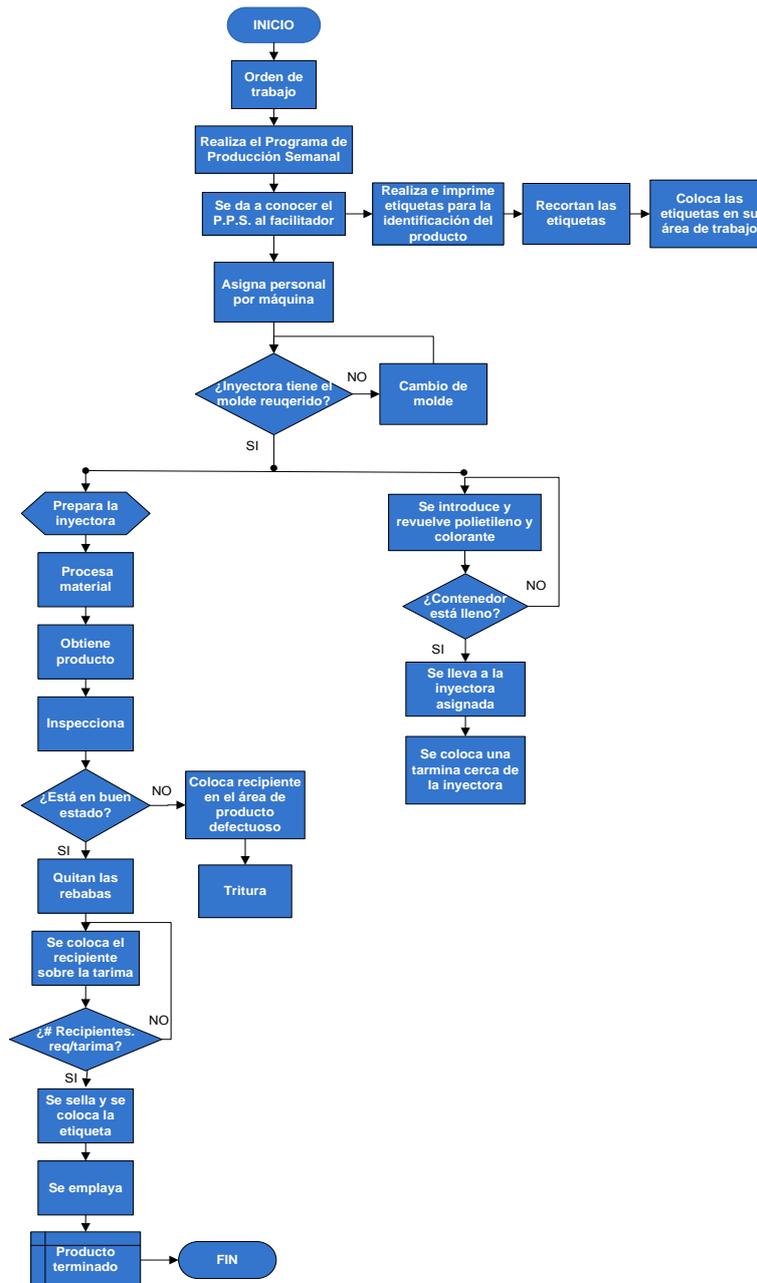


Figura 4.8 Diagrama de Flujo del Área de Inyección

En la figura 4.9 se muestra el “*Diagrama de Flujo*” del área de termoformado. Se observó que los operarios no están capacitados para realizar el ajuste de la maquinaria, así mismo observamos que no tenían un lugar en específico para colocar el medio de transporte de los rollos plásticos.

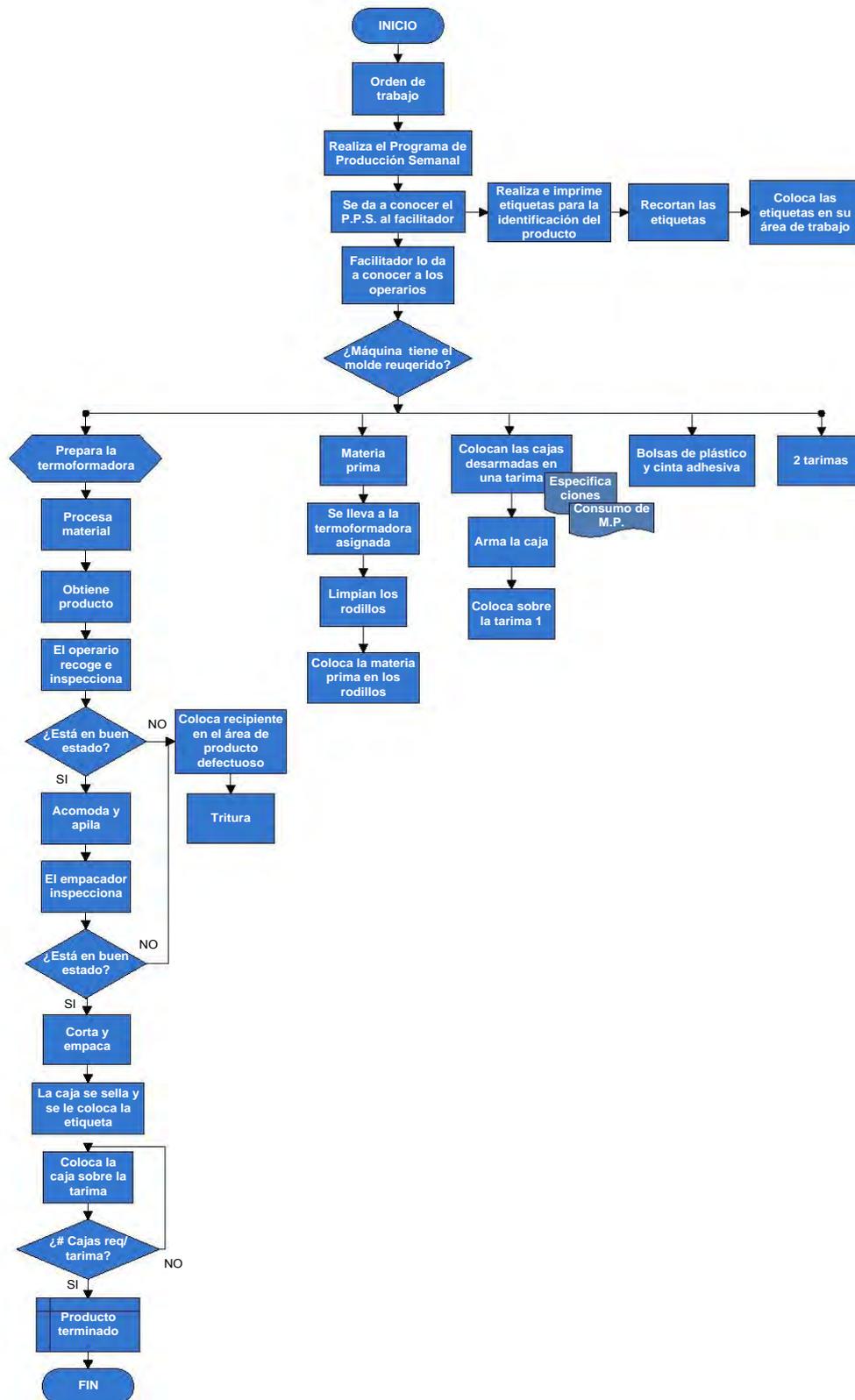
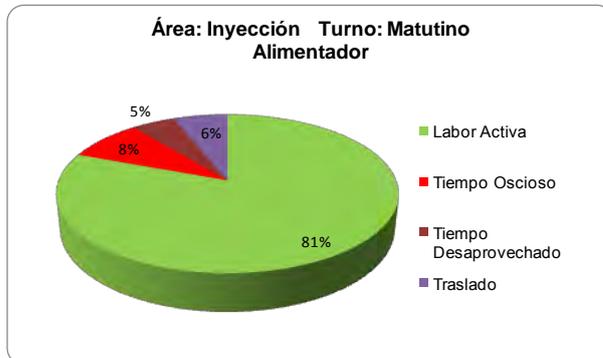


Figura 4.9 Diagrama de Flujo del Área de Termoformado

Inyección

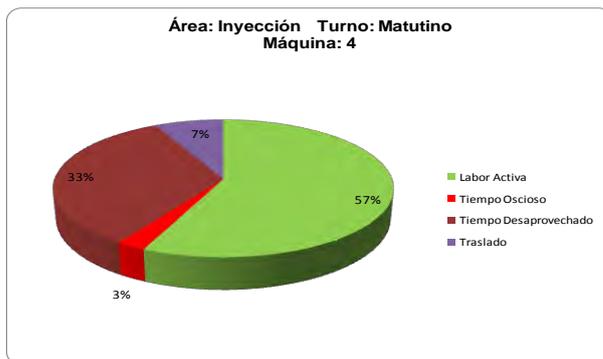
Para conocer el tiempo productivo que tiene cada uno de los trabajadores en el área de inyección, se realizó un estudio de operarios en los que se describió las actividades realizadas por los operadores en un periodo de 4 horas en los turnos matutino y vespertino.



Gráfica 4.1

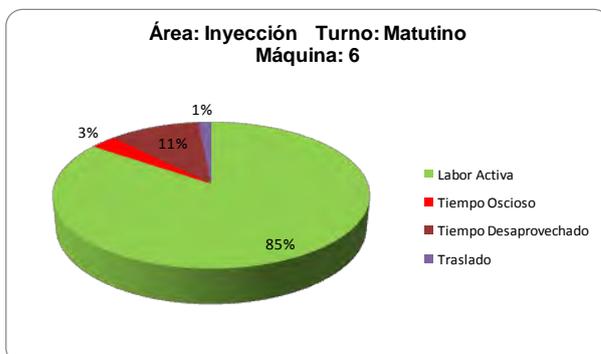
En la gráfica 4.1, el 8% del tiempo, el operador no tenía ninguna actividad que realizar por lo que se generó tiempo libre. En ocasiones el operario no se dio cuenta de que había tarimas que llevar al área de producto conforme lo que ocasionó una acumulación de producto terminado en el pasillo.

El tiempo desaprovechado es del 5% en el que recibió indicaciones de otras actividades a realizar.



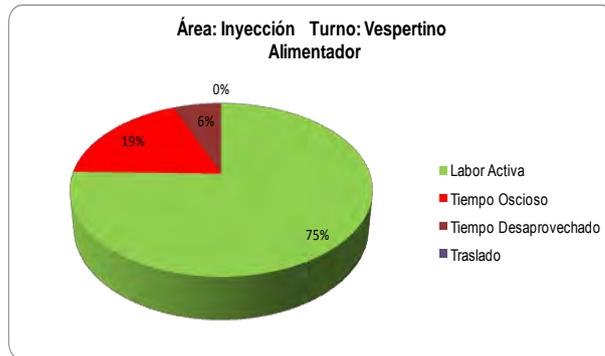
Gráfica 4.2

En la gráfica 4.2, se observa que el 33% es tiempo desaprovechado, ya que el operador realizó actividades que no le correspondían, el motivo es porque su máquina estuvo fallando y se le indicó apoyar en la máquina 1, aún cuando esta ya contaba con los operadores necesarios.



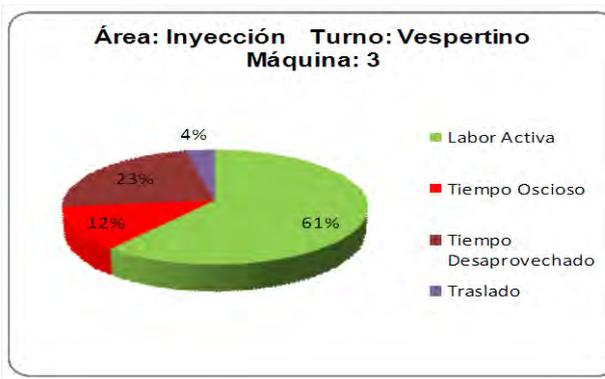
Gráfica 4.3

En la gráfica 4.3, el operario tiene 11% de tiempo desaprovechado debido a que la máquina tiene un tiempo ciclo de 48[s] y el operario solo tarda en promedio en recoger, rebabeear y apilar la charola 35.6[s].



Gráfica 4.4

En la gráfica 4.4, el trabajador tuvo el 19% de tiempo ocioso debido a que no tuvo actividades que realizar.



Gráfica 4.5

En la gráfica 4.5, se puede observar que hubo un 23% de tiempo desaprovechado, y esto se debe a que su máquina estuvo fallando, por lo que el trabajador se limitó a observar lo que hacía el técnico y apoyarlo cuando se necesitaba.

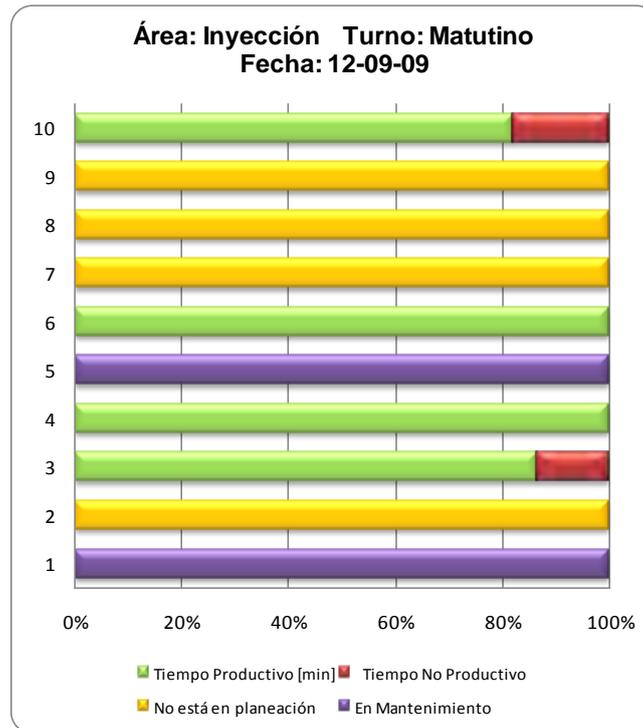
En la tabla 4.1 se muestra el resumen de los porcentajes de los tiempos por turno.

	Turno Matutino					Turno Vespertino				
	Labor activa	81	57	85	223	74.33%	75	61	136	68.00%
Tiempo ocioso	8	3	3	14	4.66%	19	12	31	15.50%	
Tiempo desaprovechado	5	33	11	49	16.33%	6	23	29	9.66%	
Traslado	6	7	1	14	4.66%	0	4	4	1.33%	

Tabla 4.1

Se observa que en el turno matutino hubo un 4.66% de tiempo ocioso mientras que en el vespertino aumento 3 veces el porcentaje del turno anterior.

Para saber el tiempo productivo y de paro de cada una de las máquinas, se realizó un estudio de máquinas, el cual se muestra en la gráfica 4.6. Se obtuvo el siguiente resultado:



Gráfica 4.6

En la tabla 4.2 se observa que en el estudio realizado en el área de inyección el 20% de las máquinas estuvieron en mantenimiento durante todo el periodo de estudio, así mismo se observa que solo estuvieron trabajando 4 de 10 inyectoras y que de las máquinas que estuvieron en planeación se tuvo el 7.91% de tiempo no productivo.

Máquina	T. Productivo [min]		T. No Productivo [min]		¿Está en planeación?	En mantenimiento
1	0	0.00%	0	0.00%	NO	SI
2	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
3	186	86.51%	29	13.49%	SI	NO
4	215	100.00%	0	0.00%	SI	NO
5	0	0.00%	0	0.00%	NO	SI
6	215	100.00%	0	0.00%	SI	NO
7	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
8	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
9	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
10	176	81.86%	39	18.14%	SI	NO
PROMEDIO	198	92.09%	92	7.91%	40.00%	20.00%

Tabla 4.2

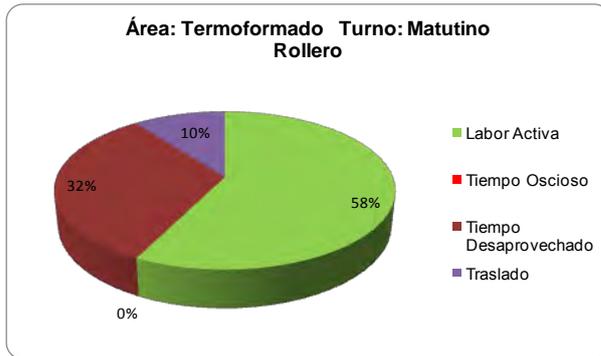
Para identificar algunas de los problemas en el área de inyección se realizó una “Lluvia de Ideas”, la cual se muestra a continuación:

- Poliestrech lo dejan en cualquier lugar
- En ocasiones no colocan la etiqueta con las especificaciones del producto
- No tienen identificadas sus funciones
- Tarimas no tienen un lugar específico
- Etiquetadoras no tienen un lugar asignado

- No usan las revolvedoras
- No colocan las piezas defectuosas en el cuadro asignado
- No llevan un control de las piezas defectuosas
- Gato hidráulico lo dejan en cualquier lugar
- Reproceso

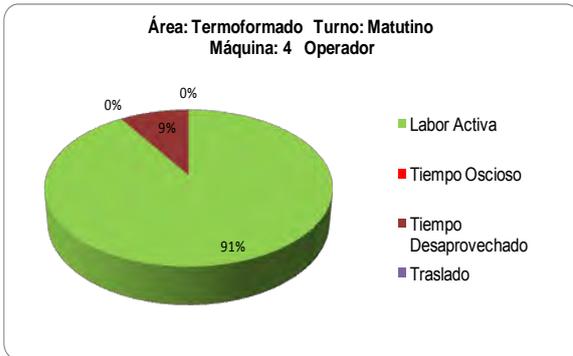
Termoformado

En el área de Termoformado, también se realizaron estudios de operadores y empacadores y los resultados fueron los siguientes:

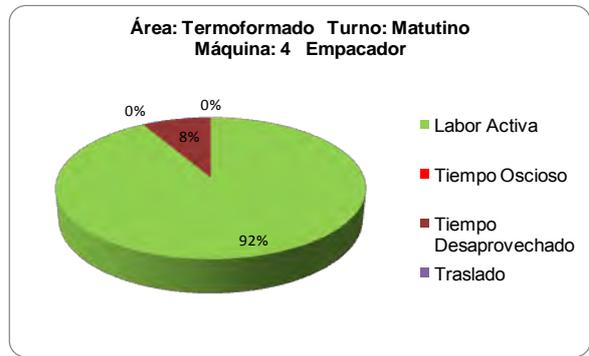


En la gráfica 4.7, el tiempo desaprovechado que presenta este trabajador es del 32%, debido a que estuvo realizando pruebas para un nuevo molde. También tuvo el 10% de tiempo ocioso ya que estuvo sin hacer nada hasta recibir instrucciones del facilitador.

Gráfica 4.7

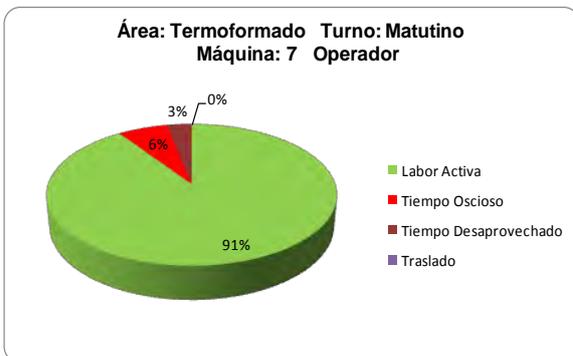


Gráfica 4.8

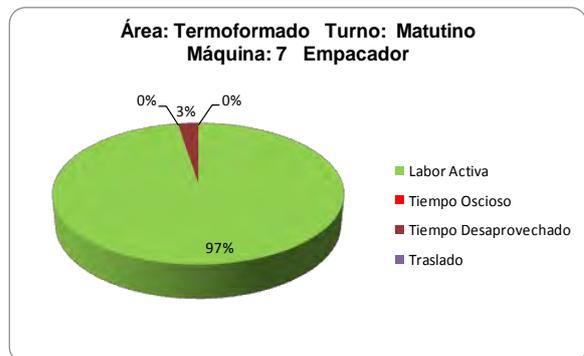


Gráfica 4.9

En las gráficas 4.8 y 4.9 se observa que el tiempo desaprovechado que se generó fue de 9% y 8%, y en ambos casos fue porque tuvieron que esperar a que salieran recipientes de la máquina .

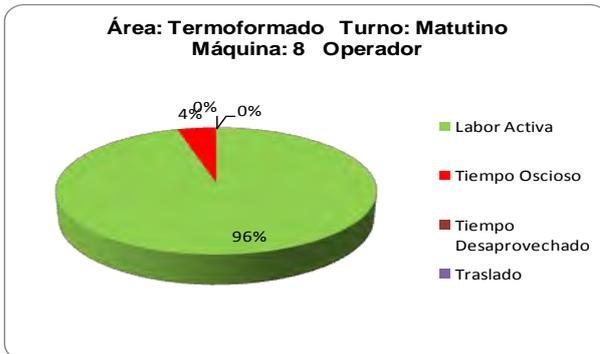


Gráfica 4.10



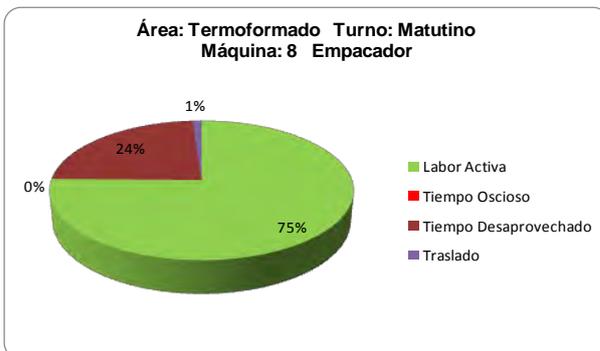
Gráfica 4.11

En las gráficas 4.10 y 4.11 se muestra que el tiempo desaprovechado obtenido fue para ambos casos del 3%, el cual se debió a pequeñas fallas en la termoformadora.



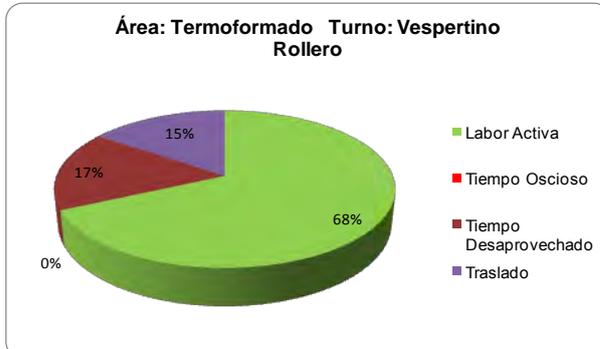
Gráfica 4.12

En la gráfica 4.12, se observa que el operador aprovechó el 96% de su tiempo en realizar labor activa, además de que la máquina no falló.



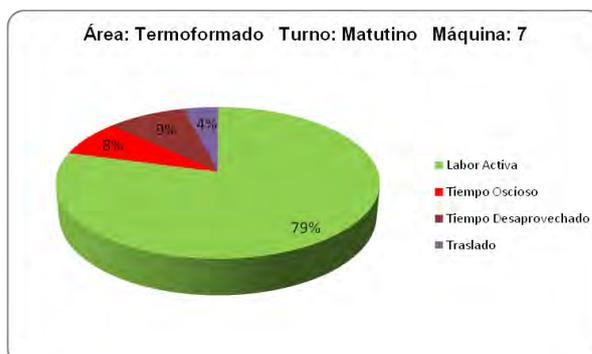
Gráfica 4.13

Observamos en la gráfica 4.13 que esta empacadora desaprovecho el 24% de su tiempo en realizar actividades que no le correspondían; cada máquina cuenta con un número de trabajadores adecuados para operarla y ella estuvo de un lugar a otro empacando producto de otras termoformadoras.



Gráfica 4.14

En la gráfica 4.14 podemos ver que este trabajador tuvo el 17% de tiempo desaprovechado debido a que estuvo en espera de que el almacén le surtiera el material solicitado. El 15% del tiempo el operario se dedicó a trasladarse dentro del área ya que realizó un conteo de los consumibles que cada una de las termoformadoras tenía.



Gráfica 4.15

Podemos observar en la gráfica 4.15, que este trabajador tuvo un tiempo desaprovechado del 9% y un tiempo ocioso del 8% debido a que dejaba acumular las charolas a consecuencia de que el producto no requería de mayor manipulación.

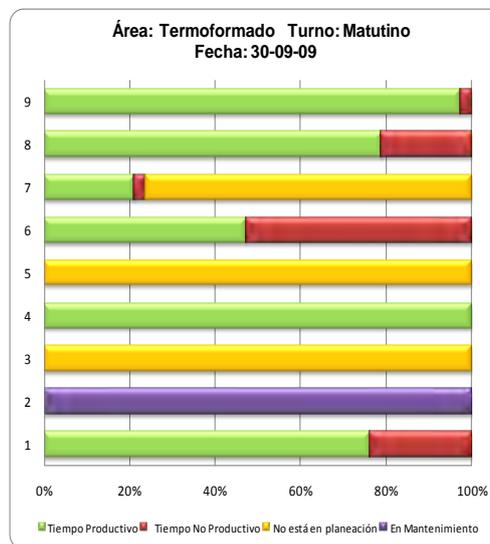
En la tabla 4.3 se muestra el resumen de los porcentajes de los tiempos por turno.

	Turno Matutino										Turno Vespertino			
	58	91	92	91	97	96	75	79	679		84.87%	68	66	134
Labor activa	58	91	92	91	97	96	75	79	679	84.87%	68	66	134	67.00%
T. ocioso	0	0	0	6	0	4	0	8	18	2.25%	0	21	21	10.50%
T. desap.	32	9	8	3	3	0	24	9	88	11.0%	17	9	26	13.00%
Traslado	10	0	0	0	0	0	1	4	15	1.87%	15	4	19	9.50%

Tabla 4.3

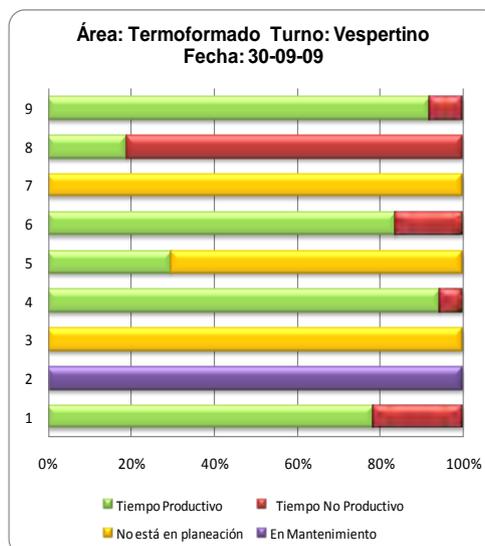
Se puede observar que en promedio el tiempo desaprovechado en ambos turnos es del 12% y el tiempo ocioso en turno vespertino es 4 veces mayor al turno matutino.

Se realizó un estudio de máquinas para poder observar el tiempo no productivo de las termoformadoras, los resultados se muestran en las gráficas 4.16 y 4.17.



Gráfica 4.16

Aunque la máquina 7 no estuvo en planeación, estuvo realizando pruebas durante un periodo de 40 min.



Gráfica 4.17

Aunque la máquina 5 no estuvo en planeación, estuvo realizando pruebas durante un periodo de 40 min.

En las tablas 4.4 y 4.5 se puede observar que en el área de termoformado el tiempo no productivo es de 17.11% para ambos turnos, la termoformadora 2 estuvo en mantenimiento durante el periodo de estudio.

Matutino						
Máq.	T. Productivo [min]		T. No productivo [min]		¿Está en planeación?	En mantenimiento
1	142	76.34%	44	23.66%	SI	NO
2	0	0.00%	0	0.00%	NO	SI
3	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
4	186	100.00%	0	0.00%	SI	NO
5	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
6	88	47.31%	98	52.69%	SI	NO
7	39	20.97%	5	2.69%	NO	NO
8	147	79.03%	39	20.97%	SI	NO
9	181	97.31%	5	2.69%	SI	NO
PROMEDIO	130.5	70.16%	31.83	17.11%	44.44%	11.11%

Tabla 4.4

Vespertino						
Máq.	T. Productivo [min]		T. No productivo [min]		¿Está en planeación?	En mantenimiento
1	142	78.45%	39	21.55%	SI	NO
2	0	0.00%	0	0.00%	NO	SI
3	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
4	171	94.48%	10	5.52%	SI	NO
5	54	29.83%	0	0.00%	NO	NO
6	152	83.98%	29	16.02%	SI	NO
7	0	0.00%	0	0.00%	NO	NO
8	34	18.78%	147	81.22%	SI	NO
9	166	91.71%	15	8.29%	SI	NO
PROMEDIO	119.83	66.21%	31.83	17.11%	55.55%	11.11%

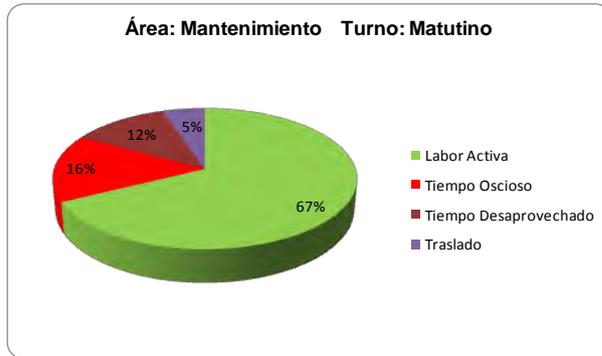
Tabla 4.5

Para identificar algunas de los problemas en el área de termoformado se realizó una "Lluvia de Ideas" la cual se muestra a continuación:

- No llevan un control de las piezas defectuosas
- Continuo paro de máquinas: mantenimiento correctivo
- Dejan por todos lados la bobina, el carrito de los rollos y las herramientas
- Proceso no estandarizado
- Falta de capacitación
- No existe perfil del puesto
- Desperdicio de material en el arranque de la máquina

Mantenimiento

Se realizó un estudio del área de mantenimiento y se obtuvieron los siguientes resultados:



Gráfica 4.18

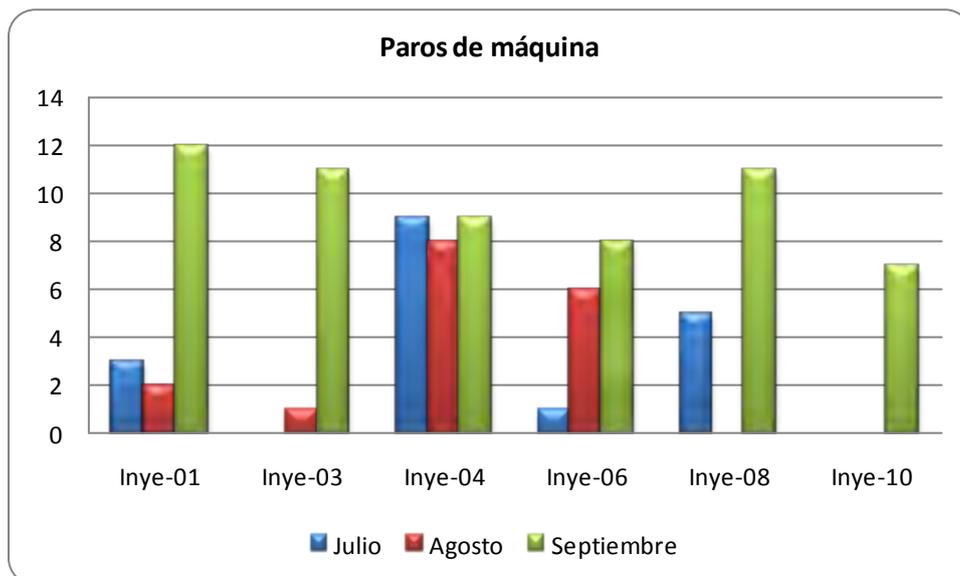
En la gráfica 4.18, se observa que el operario tiene un 16% de tiempo disponible, que puede aprovecharse en realizar otras actividades en las que pueda mejorar su área de trabajo.

Mediante un “*Histograma*”, se muestra el número de paros registrados en un periodo de 14 semanas, comprendidas del 27 de Julio al 04 de Octubre del 2009 en el área de inyección y de termoformado.

La tabla 4.6 muestra que la máquina que más ha tenido paros es la inyectora 4 y la 1 con 26 y 17 paros respectivamente, y en la gráfica 4.19 se observa el incremento de paros entre el mes de julio y septiembre.

Mes	Inye-01	Inye-03	Inye-04	Inye-06	Inye-08	Inye-10
Julio	3	0	9	1	5	0
Agosto	2	1	8	6	0	0
Septiembre	12	11	9	8	11	7
TOTAL	17	12	26	15	16	7

Tabla 4.6

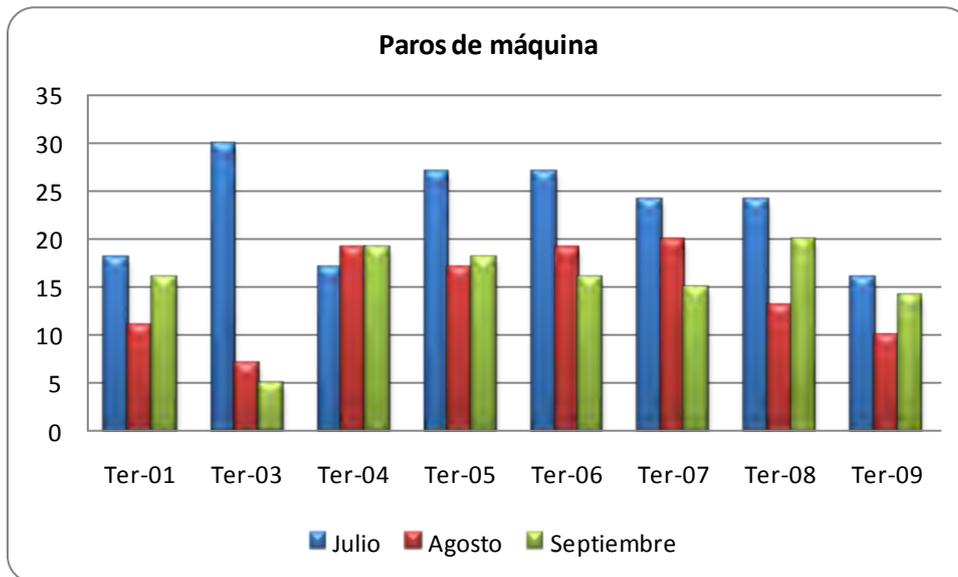


Gráfica 4.19

En la tabla 4.7 se observa que las máquinas con mayor número de paros son la 5 y 6, ambas con 62 paros, así mismo en la gráfica 4.20 se puede ver que la variación de los paros entre los meses y las máquinas de termoformado disminuyó en agosto y septiembre.

Mes	Ter-01	Ter-03	Ter-04	Ter-05	Ter-06	Ter-07	Ter-08	Ter-09
Julio	18	30	17	27	27	24	24	16
Agosto	11	7	19	17	19	20	13	10
Septiembre	16	5	19	18	16	15	20	14
TOTAL	45	42	55	62	62	59	57	40

Tabla 4.7



Gráfica 4.20

Mediante la información proporcionada por el encargado de mantenimiento, en la tabla 4.8 se muestra la cantidad de mantenimientos preventivos realizados en el periodo de estudio mencionado anteriormente.

Mantenimientos Preventivos	
Inyección	Termoformado
1	5

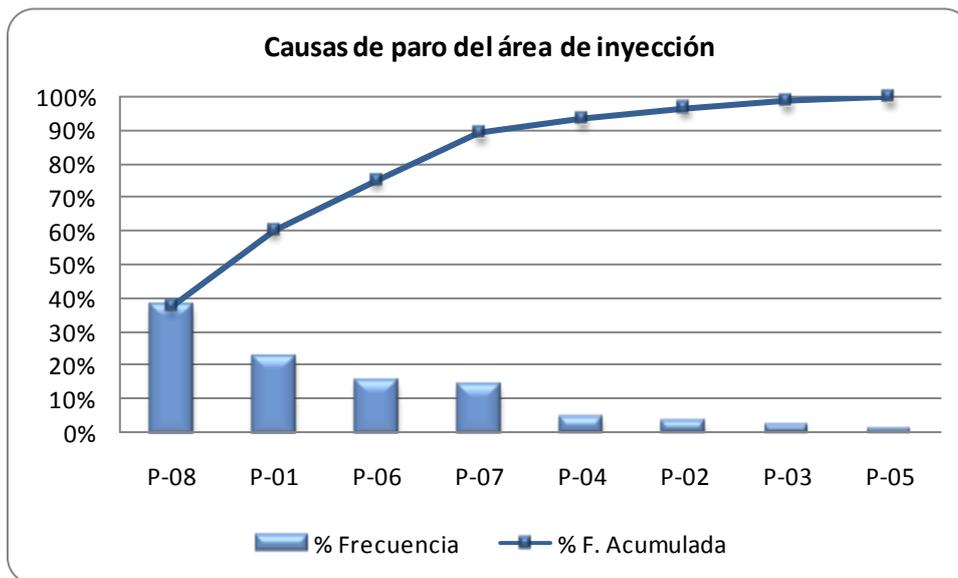
Tabla 4.8

Se observa que se realizó 1 mantenimiento preventivo en el área de inyección y 5 en el área de termoformado, lo que muestra que no se realiza ni un mantenimiento preventivo por semana.

Así mismo, se realizó un "Diagrama de Pareto" del proceso de inyección para identificar cuáles son los problemas que generan el 80% de los paros en la maquinaria.

INYECCIÓN			
Causas	Frecuencia	% Frecuencia	% F. Acumulada
P-08	21	37.63%	37.63%
P-01	14	22.58%	60.22%
P-06	13	15.05%	75.27%
P-07	4	13.98%	89.25%
P-04	3	4.30%	93.55%
P-02	2	3.23%	96.77%
P-03	1	2.15%	98.92%
P-05	0	1.08%	100.00%
TOTAL	93	100.00%	

Tabla 4.9



Gráfica 4.21

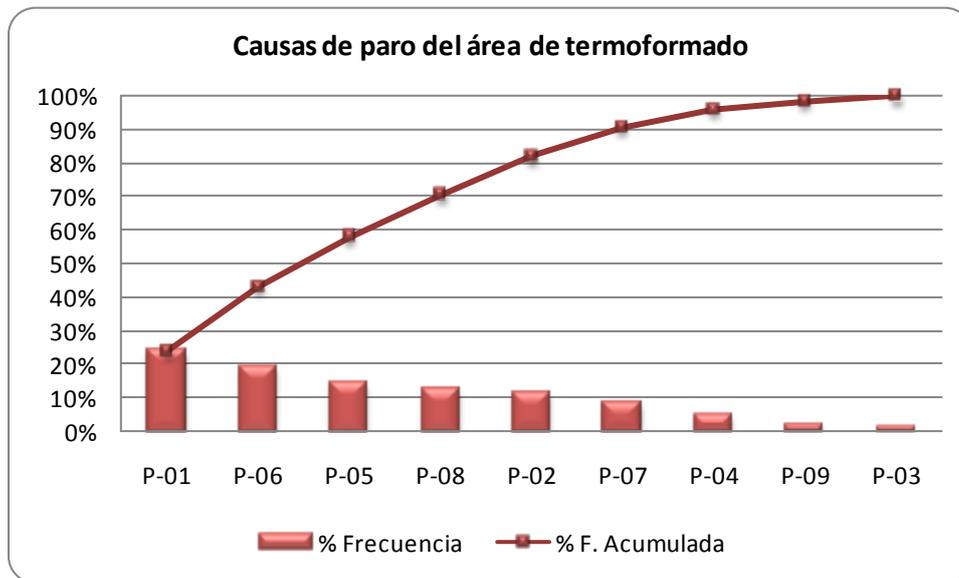
De acuerdo a la gráfica 4.21 se observa que la mayor causa de paro es la P-8 (Paro Programado), esta se presenta cuando hay días festivos o mantenimientos preventivos. Durante el periodo de estudio solo se presentó un día festivo (16 de Septiembre), por lo que se llega a la conclusión de que no se están registrando los mantenimientos preventivos realizados, ya que la cantidad de paros registrados en la tabla 4.9 no coincide con los mantenimientos preventivos de la tabla 4.8.

Las causas de paro que le preceden son: Condiciones de Operación (P-01) Falla de Máquina (P-06), la primera es debida a la falta de capacitación de los operarios y la segunda a la falta de mantenimiento. Ver anexo 1.

A continuación se muestra el “Diagrama de Pareto” del proceso de termoformado:

TERMOFORMADO			
Causas	Frecuencia	% Frecuencia	% F. Acumulada
P-01	101	23.93%	23.93%
P-06	81	19.19%	43.13%
P-05	63	14.93%	58.06%
P-08	53	12.56%	70.62%
P-02	48	11.37%	81.99%
P-07	37	8.77%	90.76%
P-04	22	5.21%	95.97%
P-09	10	2.37%	98.34%
P-03	7	1.66%	100.00%
TOTAL	422	100.00%	

Tabla 4.10



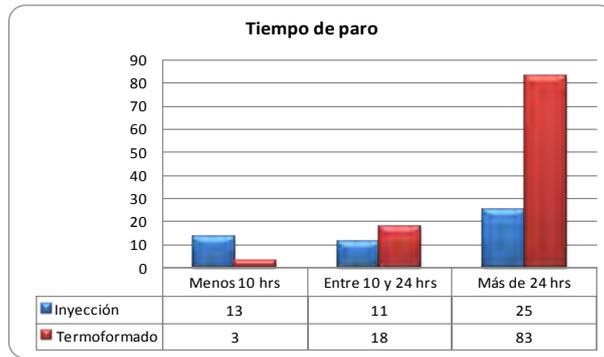
Gráfica 4.22

En la gráfica 4.22 se muestra que las causas de paro que se presentan con mayor frecuencia son: Condiciones de Operación (P-01), Falla de Máquina (P-06) y Falla de Equipo Periférico (P-05), las cuales se presentan por falta de capacitación y de mantenimiento. Ver anexo 1.

En la tabla 4.11 se presentan los tiempos de reparación de las máquinas en cada una de las áreas; se observa que el 79.81% de los paros tardan en arreglarse más de 24 horas en el área de termoformado y 51.02% en el área de inyección. Así mismo, se muestra la gráfica correspondiente:

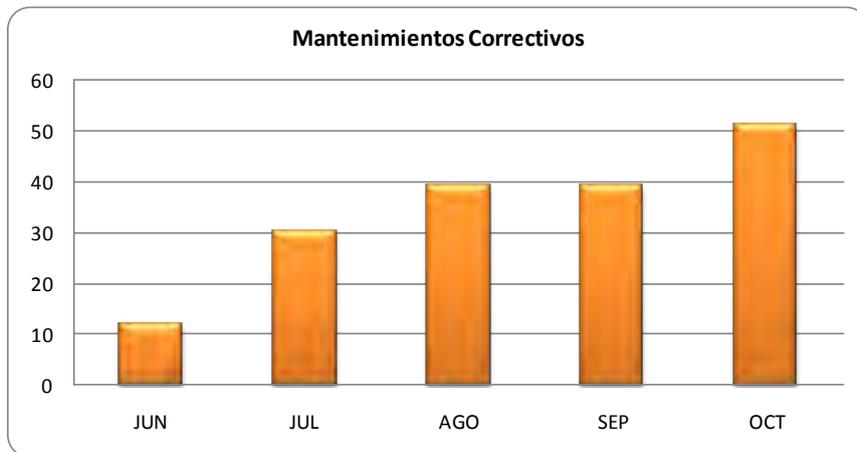
	Inyección		Termoformado	
Menos de 10 horas	13	26.53%	3	2.88%
Entre 10 y 24 horas	11	22.45%	18	17.31%
Más de 24 horas	25	51.02%	83	79.81%
TOTAL	49		104	

Tabla 4.11



Gráfica 4.243

Se realizó un estudio de mantenimientos correctivos comprendido en los meses de Junio a Octubre y se realizó el siguiente "Histograma".



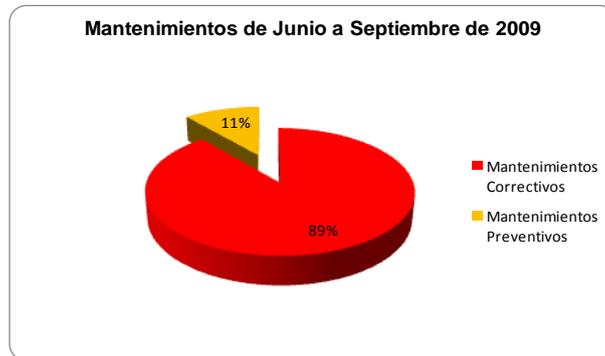
Gráfica 4.24

En la gráfica 4.24 se observa que el número de mantenimientos fue aumentando con respecto al tiempo, y aunque en el mes de octubre fue solo la mitad del mes se realizaron 51 mantenimientos, los cuales fueron casi 5 veces más que los realizados en junio.



Gráfica 4.25

A continuación se muestra en la gráfica 4.26 el porcentaje de los mantenimientos correctivos y preventivos que se realizan en el área de inyección y termoformado.



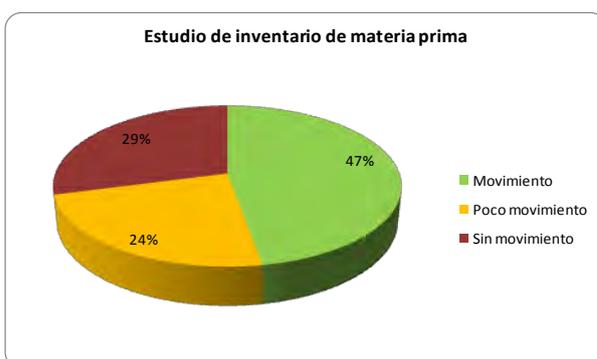
Gráfica 4.26

Se observa que el 89% de los mantenimientos son correctivos, lo que ocasiona pérdidas de tiempo.

Para identificar algunos de los problemas se realizó una “Lluvia de Ideas” la cual se muestra a continuación:

- Herramienta desorganizada
- Falta de limpieza
- No tienen clasificadas las herramientas y refacciones
- No llevan un control de las refacciones y herramientas que se encuentran en el almacén
- No realizan los mantenimientos preventivos requeridos
- Falta de capacitación
- Falta de comunicación

Almacenes



Gráfica 4.27

En la gráfica 4.27 se muestra que la materia prima que tiene movimiento y poco movimiento representa un porcentaje del 71.00%, del cual 17 materiales tienen sobreinventario, lo que representa el 33.33%. Así mismo, se puede observar que existe un 29% de materiales que no tienen movimiento.

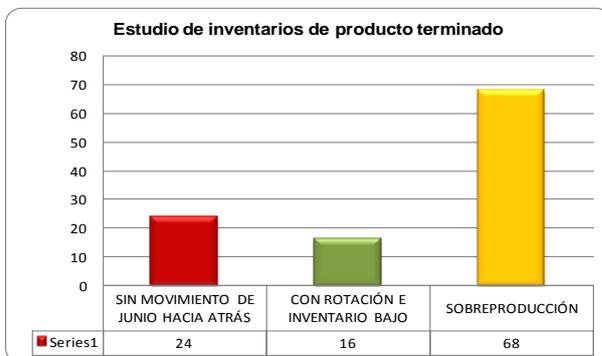
Mediante un “Histograma” (gráfica 4.28) se muestra el porcentaje de estancia de la materia prima en el almacén.



Gráfica 4.28

El 25% de los materiales que se encuentran en el almacén no tienen movimiento desde hace más de 3 meses.

Así mismo, se realizó un estudio de inventarios del producto terminado y se obtuvo el siguiente resultado:



Gráfica 4.29

En la gráfica 4.29 observamos que el 63% del inventario del producto terminado es por sobreproducción, esto se debe a que no se realiza una planeación y ésta se hace en base a la experiencia, lo que ocasiona un alto nivel de inventario, además de producto terminado en malas condiciones y obsoleto, que se refleja en el 22 % del producto terminado que no se ha movido en más de 6 meses.

Se utilizó el “Diagrama de Relaciones” (Fig. 4.10) para identificar las principales causas que generan el exceso de inventario, el cual se muestran a continuación:

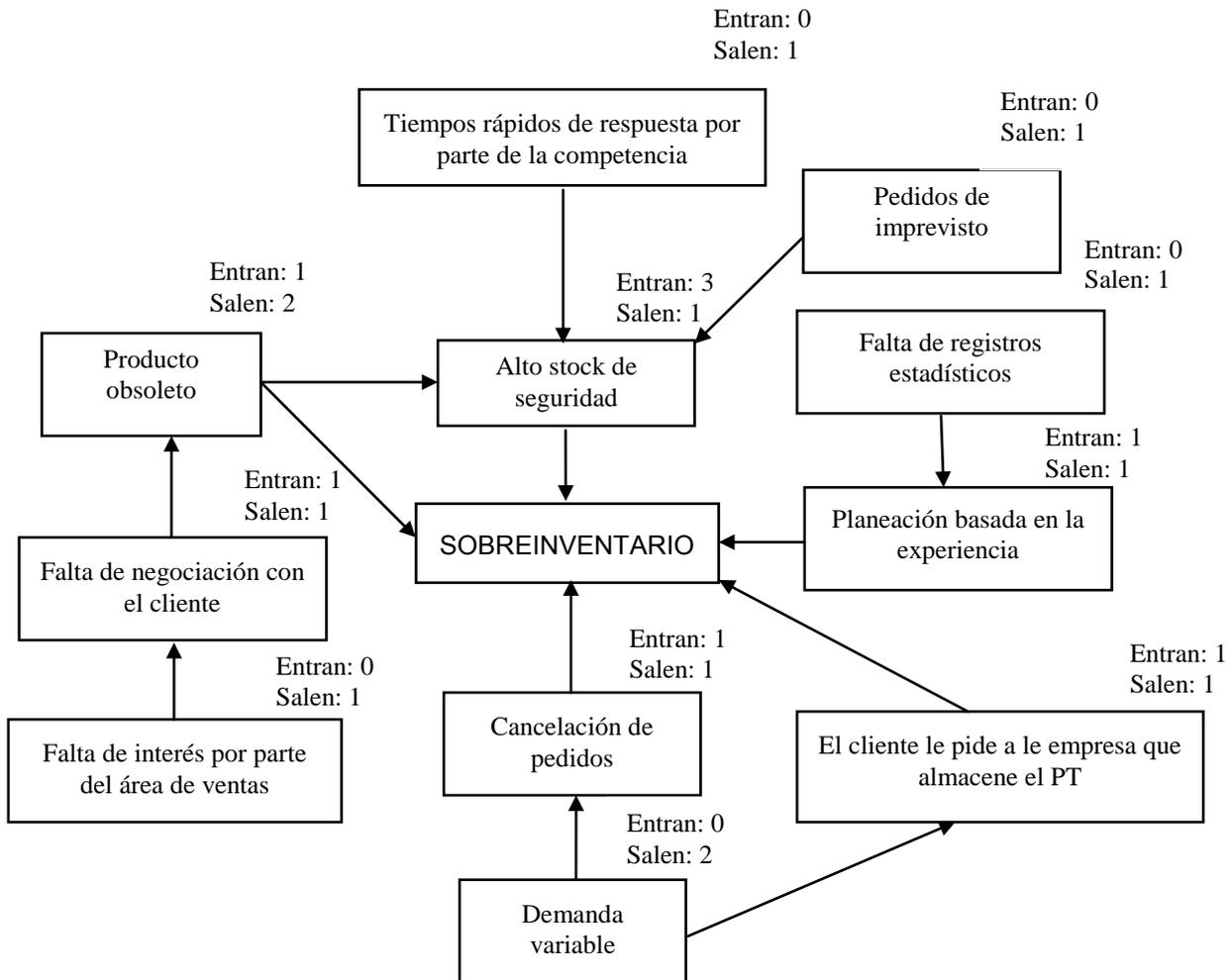


Figura 4.10 Diagrama de Relaciones de Sobreinventario

Se encontró como efecto clave el alto stock de seguridad y como conductores clave el producto obsoleto y la demanda variable.

Para identificar algunos de los problemas se realizó una “Lluvia de Ideas” la cual se muestra a continuación:

- No manejan primeras entradas, primeras salidas
- No están acomodados por producto de mayor rotación
- Producto obsoleto y de poco movimiento
- No llenan las hojas de entradas y salidas de material correctamente
- Producto que no tenía hoja de registro de entradas y salidas de mercancía
- Exceso de inventario
- Humedad

Análisis de los Problemas

A continuación se hará uso de algunas técnicas de Seis Sigma con el fin de identificar las causas que generan un problema, las posibles alternativas a tomar y la prioridad que se debe dar al mayor problema detectado.

En la Fig. 4.11 se muestra el Diagrama de Árbol que nos servirá como base para construir una matriz de priorización

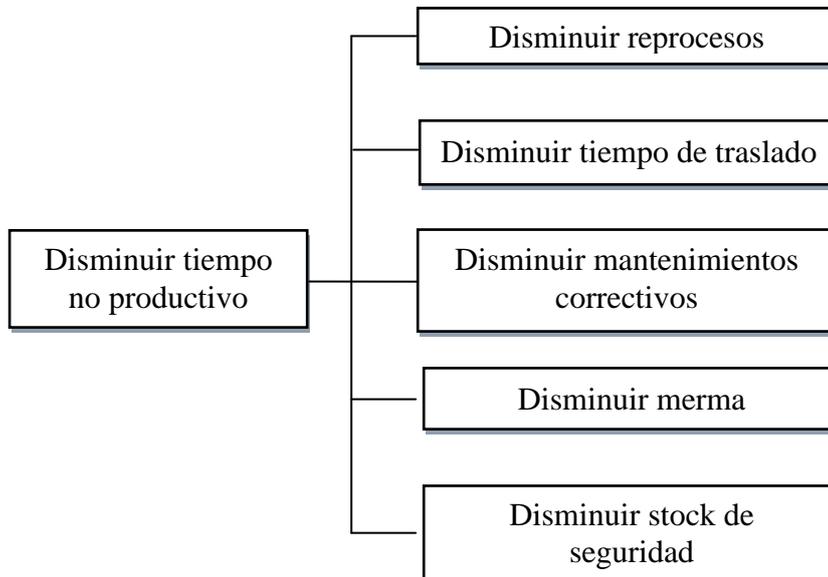


Figura 4.11 Matriz de Priorización

Los criterios a considerar para este caso de estudio son:

- A: Mayor impacto en la empresa
- B: Menor impacto en otros aspectos
- C: Menor costo de implementación
- D: Mayor rapidez de implementación

En la tabla 4.12 se muestran los resultados que obtuvimos de la Matriz de Priorización. Ver anexo 2.

	A	B	C	D	Total
Disminuir reprocesos	2.4	0.8	1.2	0.6	5.0
Disminuir tiempo de traslado	6.0	1.0	1.5	1.5	10.0
Disminuir mantenimientos correctivos	1.2	0.4	0.9	0.9	3.4
Disminuir merma	3.6	0.6	0.6	1.2	6.0
Disminuir stock de seguridad	4.8	0.2	0.3	0.3	5.6

Tabla 4.12

En la Matriz de Priorización realizada se puede observar que la principal problemática que se debe atacar para disminuir el tiempo no productivo, es disminuir los mantenimientos correctivos. Para identificar las acciones que se deben de tomar, se realizó un Diagrama de Árbol el cual se muestra en la figura 4.12.

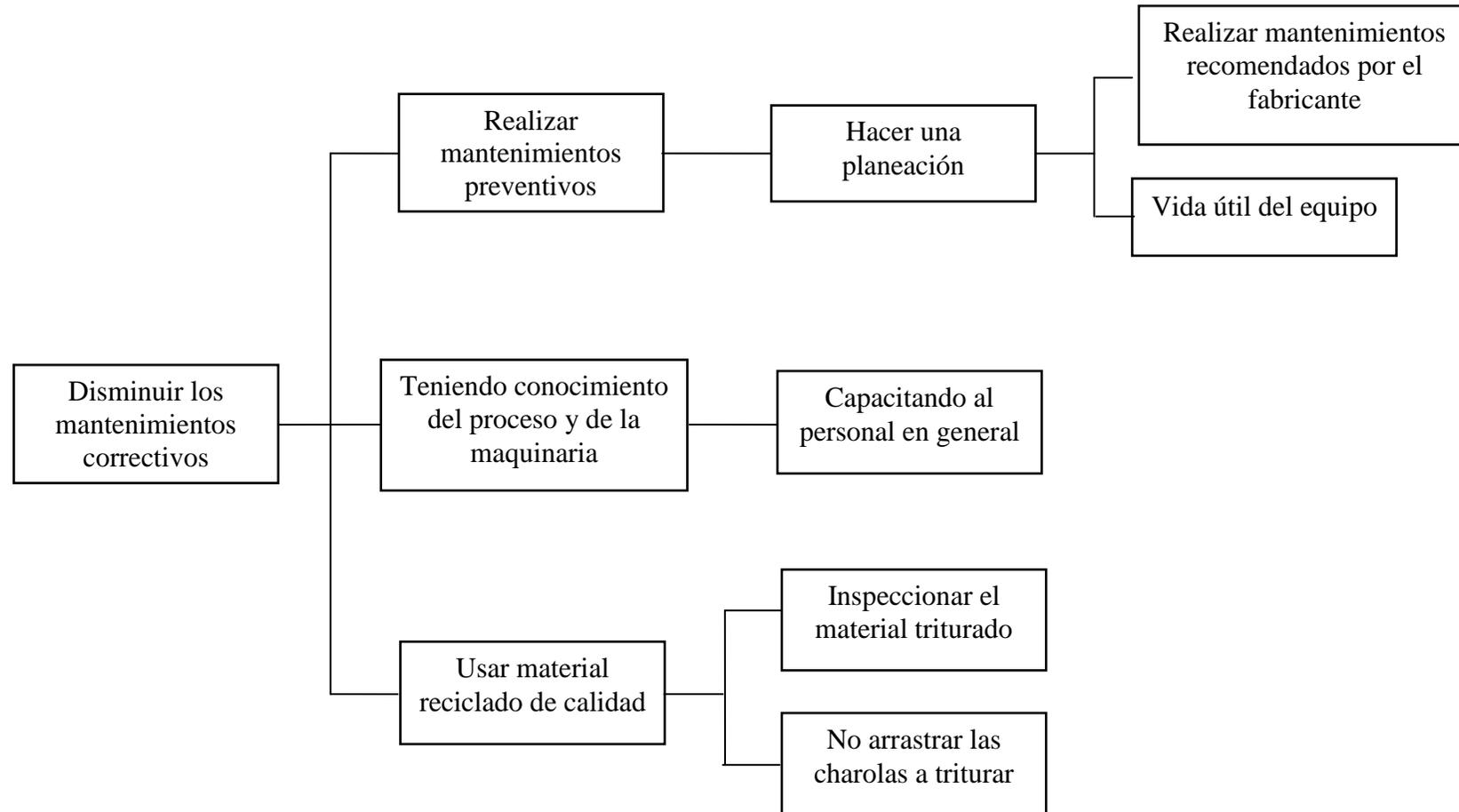


Figura 4.12 Diagrama de Árbol

Se realizó un Diagrama de Procesos de Decisión para identificar las posibles problemáticas que se podrían presentar, al querer implementar mejoras. La cual se muestra en la figura 4.13

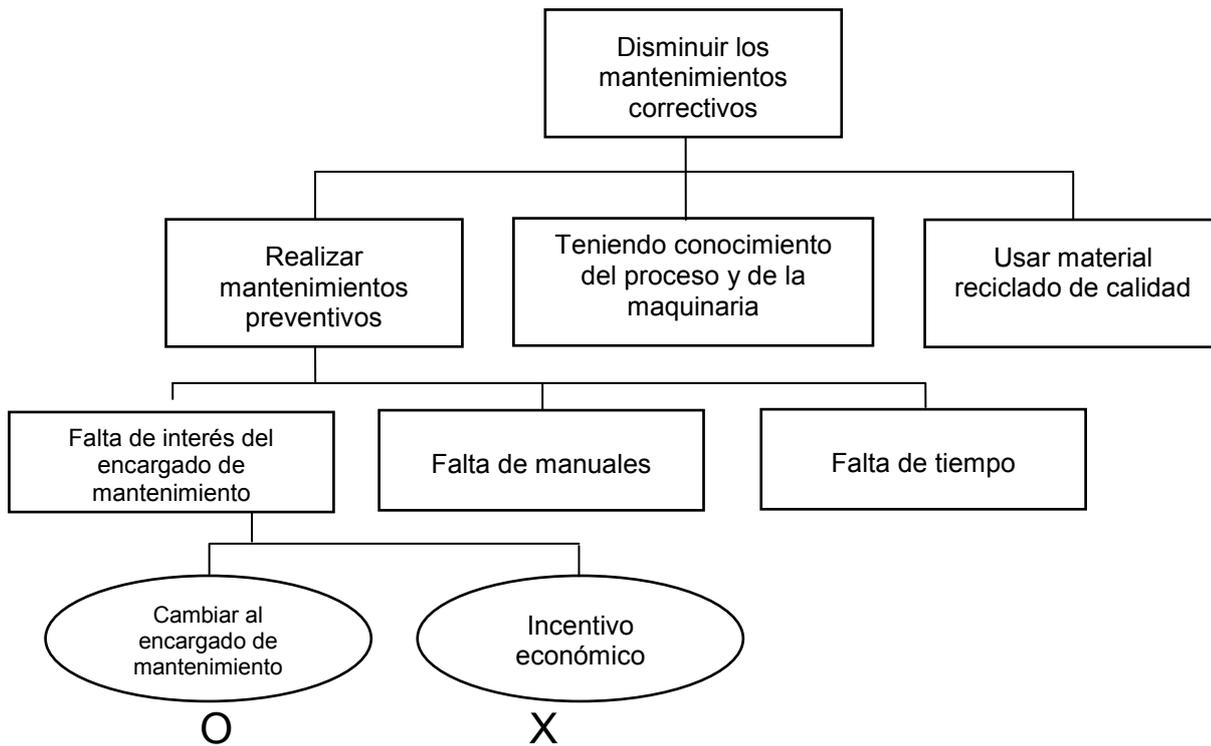


Figura 4.13 Diagrama de Procesos

Tomando la segunda rama del diagrama de árbol se obtuvo el siguiente diagrama de procesos de decisión.

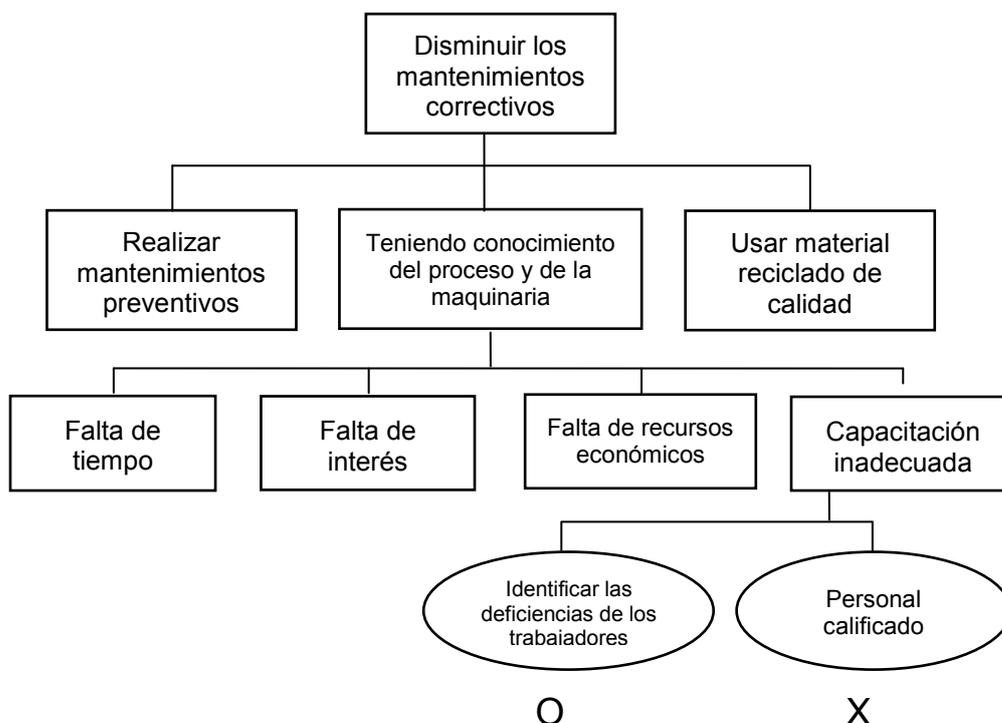


Figura 4.14 Diagrama de Procesos

Finalmente, se tomo la última rama del Diagrama de Árbol y se realizó el respectivo Diagrama de Procesos mostrado en la figura 4.15

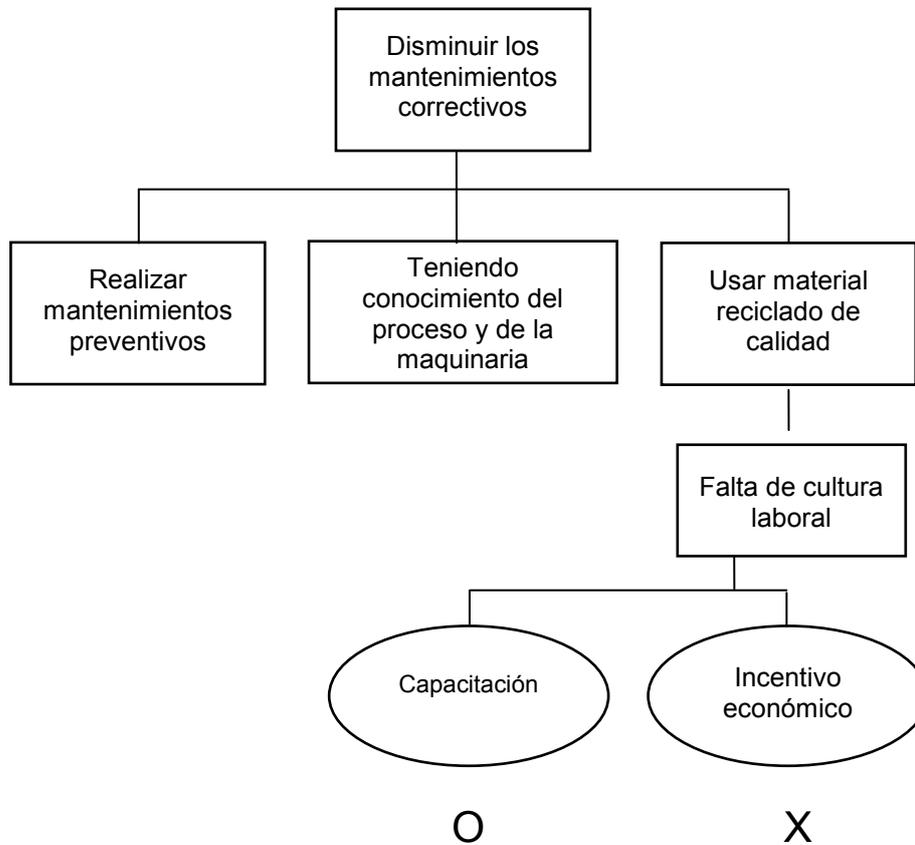


Figura 4.15 Diagrama de Procesos

De acuerdo a los Diagramas de Procesos realizados, se muestra en la tabla 4.12 los problemas que se pueden presentar al tratar de disminuir los mantenimientos correctivos y las acciones a tomar:

Problema	Acción
Falta de interés del encargado de mantenimiento	Sustituir al encargado de mantenimiento
Capacitación inadecuada	Identificar las deficiencias de los trabajadores
Falta de cultura laboral	Capacitación

Tabla 4.13

Se utilizó el “Diagrama de Ishikawa” para identificar las causas que generan el exceso de merma, las cuales se muestran en la figura 4.16

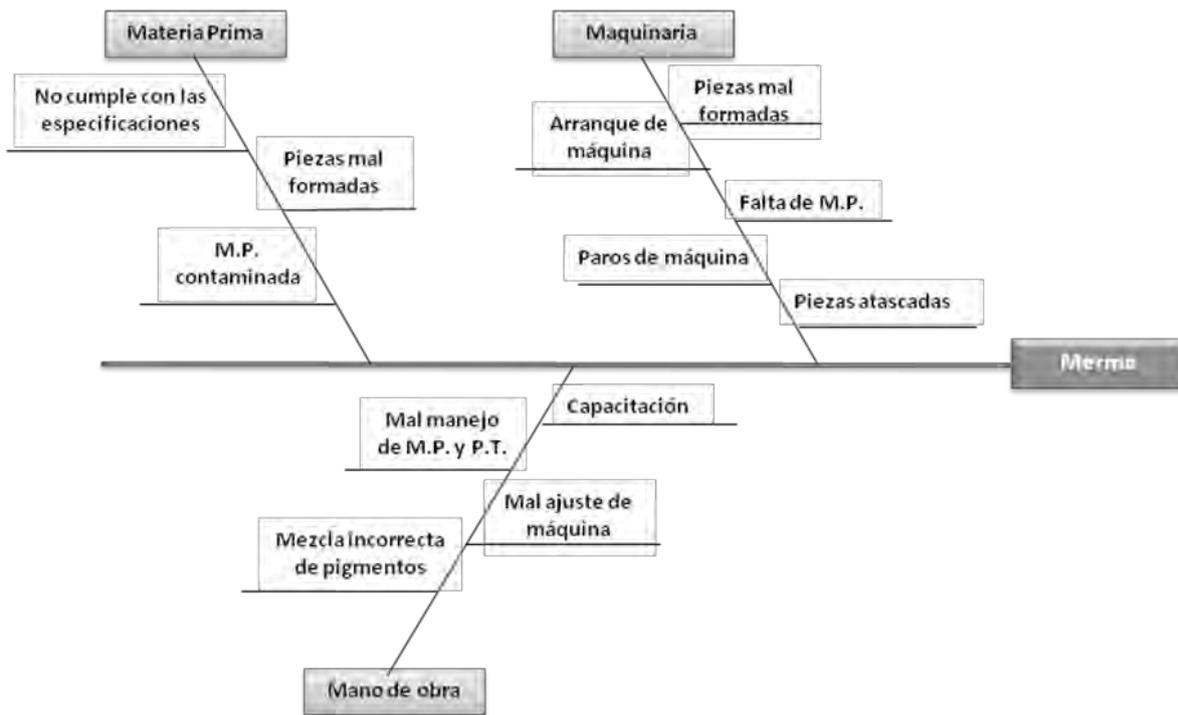


Figura 4.16 Diagrama de Ishikawa de Merma

Cabe mencionar que los factores importantes que generan el exceso de merma son la falta de mantenimiento, capacitación y el incumplimiento de las especificaciones de la materia prima.

4.4 PROBLEMAS DE LA EMPRESA

Después de un análisis minucioso se encontraron varios problemas dentro de la empresa, las cuales se muestran a continuación:

Problemas	Técnica	Propuesta	Observaciones
Tiempos largos de traslado del almacén al andén	Lluvia de Ideas	Acondicionar el área exterior al almacén 5 para ser utilizado como andén. La vigilancia y el personal de carga será el mismo que el del andén actual	Los almacenes se encuentran en el extremo contrario de donde se ubica el andén de carga y descarga
Desorganización de los consumibles, así como de las herramientas	Lluvia de Ideas	Implementar 5'S	Se observó que las revolventoras, báscula, guillotina y mesa no eran usadas en el área de inyección por lo que se recomienda vender o trasladar dichos objetos a otras áreas donde puedan ser de utilidad Reorganizar el cuarto de pigmentos. Ver anexo 3 Mantener las áreas limpias de objetos innecesarios y organizadas Estandarizar el proceso Generar una cultura de disciplina
Proceso no estandarizado: Los operarios no tienen definidas sus funciones	Lluvia de Ideas	Trabajo estandarizado	Realizar un manual de procedimientos en el que se incluya el perfil del puesto y modo de uso de las máquinas
No llevan una estadística ni un control de las piezas defectuosas	Lluvia de Ideas	Hoja de comprobación	Se propone que ese control sea realizado por el ayudante general. Para inyección el registro será por pieza y para termoformado por kg
Reprocesos	Diagrama de Ishikawa	Mantenimiento Productivo Total Trabajo Estandarizado	Se recomienda capacitar al personal, desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para maximizar la eficiencia de los equipos

Exceso de mantenimientos correctivos y falta de mantenimientos preventivos	Lluvia de Ideas Matriz de Priorización Diagrama de Árbol Histograma Diagrama de Pareto	Diagrama de procesos de decisión Diagrama de Árbol Mantenimiento productivo total o TPM Sistema Andon	Llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo para reducir los paros de las máquinas Colocar un tablero visual para indicar el tipo de anomalías en el área de termoformado para que el área de mantenimiento lo arregle inmediatamente y eliminar el tiempo de elaborar un reporte. Este se colocaría en el área de termoformado ya que es en esa área donde se producen la mayor parte de mantenimientos correctivos y generan más costos
Falta de capacitación y compromiso por parte de los trabajadores, ya que la maquinaria tiene mecanismos para la detección de fallas, pero aún así el personal se las ingenia para hacerlas funcionar	Lluvia de Ideas		Para eliminar las deficiencias del personal
Falta de comunicación	Lluvia de Ideas		Realizar encuestas a los trabajadores para poder hacer un mapeo de las problemáticas que existen en su área de trabajo y a su vez puedan dar sugerencias y se logre una mejora continua
No llevan a cabo el sistema de inventario de Primeras Entradas-Primeras Salidas			Realizar una clasificación ABC del producto de termoformado para tener un fácil acceso al producto de mayor movimiento
Sobreinventario	Lluvia de Ideas Histograma Diagrama de Relaciones		Reducir el inventario de materia prima y producto terminado basándose en estadísticas

4.5 RESUMEN

Como ya mencionamos anteriormente, las pequeñas y medianas empresas pueden hacer uso de las técnicas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma, por lo que se realizó un caso práctico para demostrar la hipótesis presentada en nuestra tesis.

Se eligió a una mediana empresa llamada PROARCE, la cual se dedica a la elaboración de envases primarios, exhibidores y recipientes para transportar.

Valiéndonos de las herramientas de Seis Sigma pudimos encontrar y medir los problemas dentro de la empresa e hicimos uso de las herramientas de Manufactura Esbelta para proponer mejoras.

Al realizar el diagnóstico de la empresa encontramos que la principal problemática es el gran número de mantenimientos correctivos que se realizan, como sabemos, nos cuesta menos prevenir que corregir, por lo que es un área de oportunidad importante dentro de PROARCE que se debe erradicar, ya que afecta en la producción generando atrasos en las fechas de entrega, pérdidas de tiempo y costos.

Otra área de oportunidad importante es el almacén, ya que tiene un alto nivel de inventario tanto de materia prima como de producto terminado, que les está originando altos costos por mantenimiento, así como producto obsoleto y en mal estado ocasionado por las condiciones del lugar.

El objetivo de Manufactura Esbelta es la eliminación de desperdicios, y por lo tanto es importante que en PROARCE se lleve un control de la merma así como del material que se puede reciclar, para aprovechar mejor los recursos materiales y humanos.

Cabe mencionar que al presentar las propuestas de mejora hubo mucha resistencia al cambio, ya que la gerencia de operaciones considera que las condiciones y el modo en el que laboran son los adecuados.

En conclusión, para poder generar una mejora en PROARCE es necesario realizar un cambio de mentalidad comenzando por los directivos, destacando que al aplicar de forma integral y constante las técnicas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma se puede mejorar la productividad de la empresa haciéndola más rentable.

CONCLUSIONES

El objetivo de nuestra tesis, fue encontrar la factibilidad de hacer uso de las herramientas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma aplicadas a las PYMES mexicanas, por lo que en el capítulo I se mostró la situación actual de las PYMES mexicanas, como son: características, ventajas y desventajas de este tipo de empresas.

En los capítulos II y III presentamos cada una de las herramientas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma, así como, conocer cuál es el objetivo que persigue cada una, cómo se aplica y cuáles son los beneficios que se generan al utilizarlas. Cabe mencionar, cómo una filosofía de vida puede beneficiar a las empresas con el simple hecho de crear una cultura y un hábito de mejora continua.

En el capítulo IV realizamos un caso de estudio, en una mediana empresa llamada PROARCE en donde realizamos el diagnóstico de la empresa y se dieron propuestas de mejora a los directivos de la empresa.

Para identificar los problemas en PROARCE se utilizaron diferentes herramientas de cada una de las técnicas estudiadas, tales como el diagrama de Ishikahua, la lluvia de ideas, diagrama de flujo, etc. No se pudieron utilizar otras herramientas porque hubo resistencia por parte de algunas personas para proporcionar información.

Al realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa PROARCE observamos que se podían aplicar varias de las herramientas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma. Comenzamos por definir los problemas de cada una de las áreas y realizando estudios de medición de tiempos y de inventario y analizamos la información recopilada, encontrando problemas como exceso de inventario, falta de mantenimientos preventivos, desorden en algunas de las áreas, etc.; mismos que se pueden eliminar mediante la aplicación de las 5's, Kanban, TPM, entre otras herramientas.

De acuerdo al objetivo de nuestra tesis está solo tuvo un alcance hasta la tercera fase del DIMAC; para llevar a cabo las fases de Mejorar y Controlar, se presentaron al Director de Operaciones las propuestas al final del estudio, y lo encontramos con una gran resistencia al cambio, estas también fueron mostradas al Gerente de Producción, quien las encontró muy interesantes y viables para aplicarse en PROARCE, al darse cuenta del gran desperdicio que están teniendo en la empresa. Esto se debe a que el Director de Operaciones lleva mucho más tiempo, y ya no le es tan fácil detectar los problemas existentes en el día a día, en cambio el Gerente de Producción lleva dentro de la empresa solo un par de meses.

En conclusión, podemos decir que las técnicas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma no son exclusivas para las grandes empresas, sino que también pueden ser utilizadas por las PYMES para que puedan tener mayor flexibilidad en los procesos, optimizar los recursos, eliminar desperdicios, mejorar continuamente la calidad y reducir costos para asegurar en la empresa los niveles de competitividad y productividad que les permitan ofrecer productos y servicios con valor agregad.

ANEXOS

ANEXO 1. CAUSAS DE PARO

P-01	CONDICIONES OPERACIÓN	P-01-01	AJUSTE DE TEMPERATURAS	A
		P-01-02	AJUSTE DE PRESIONES	A
		P-01-03	AJUSTE DE CICLOS	A
		P-01-04	AJUSTE DE PUNTOS DE ENFRIAMIENTO	I
		P-01-05	MAL FORMADO	A
		P-01-06	PROBLEMAS DE EXPULSIÓN	A
		P-01-07	NO LLENA LA CAVIDAD/PIEZAS INCOMPLETAS	I
		P-01-08	PROBLEMAS DE CORTE	T
		P-01-09	ELIMINACION DE REBABAS (AJUSTE DE MAQUINA)	I
		P-01-10	MONTAR/BAJAR MOLDE AJUSTE DE INSTALACION	I
		P-01-11	BOQUILLA TAPADA	I
		P-01-12	CAVIDAD TAPADA (LIMPIEZA DE CAVIDADES)	I
		P-01-13	PUNTOS TAPADOS	I
		P-01-14	MAQUINA MAL PROGRAMADA PARA TRABAJAR	A
		P-01-15	AJUSTE DE RAMPAS	I
		P-01-16	PUNTOS FRIOS	I
		P-01-17	PIEZAS FUERA DE TONO	I
		P-01-18	LIMPIEZA DE CARRO POR MATERIAL	I
		P-01-19	LIMPIEZA DE MAQUINA	A
		P-01-20	CAMBIO DE FECHADOR	I
		P-01-21	AJUSTE DEL SUBCIONADOR	I
		P-01-22	AJUSTE DE PARAMETROS EN GENERAL	A
		P-01-23	ARANQUE Y CALENTAMIENTO DE MAQUINA	A
P-02	DESVIACIONES DE COMPRAS	P-02-01	FALTA DE CAJAS	A
		P-02-02	FALTA DE RESINA	I
		P-02-03	FALTA DE LAMINA	T
		P-02-04	FALTA DE PIGMENTO	I
		P-02-05	FALTA DE BOLSAS	T
		P-02-06	MATERIAL FUERA DE ESPECIFICACION	A
		P-02-07	CALIDAD DE MATERIA PRIMA	A
P-03	DESVIACIONES EN ALMACEN	P-03-01	FALLA EN LA ENTREGA DE MATERIALES	A
		P-03-02	FALLA EN RECEPCION DE PT	A
		P-03-03	FALTA DE ESPACIO	A
P-04	DESVIACIONES PERSONAL	P-04-01	FALTA DE MANO DE OBRA	A
		P-04-02	SIN PERSONAL PARA RELEVAR	A
		P-04-03	PERSONAL EN CAPACITACIÓN	A
P-05	FALLA DE EQ PERIFERICO	P-05-01	FUGA DE AGUA	A
		P-05-02	FUGA DE AIRE	A
		P-05-03	BAJA PRESIÓN DE AGUA	A
		P-05-04	BAJA PRESIÓN DE AIRE	A
		P-05-05	FALLA EN LOS SHILLER	A
		P-05-06	FALLA EN SUBESTACIÓN ELECTRICA	A
		P-05-07	PROBLEMAS EN EL DOSIFICADOR	I
		P-05-08	APAGON DE LUZ	A
		P-05-09	PROBLEMAS EN LA GRUA	I
		P-05-10	INUNDACIÓN DE PLANTA	A
		P-05-11	MANTENIMIENTO A INSTALACIONES	A
		P-05-12	FALLA EN LOS MODULOS	A
		P-05-13	GOTERAS EN ZONA DE MAQUINA	A
P-06	FALLA DE MAQUINA	P-06-01	FALLAS EN PLATINAS	T
		P-06-02	PROBLEMAS EN VALVULAS (NEUMATICAS/HIDRAULICAS)	A
		P-06-03	PROBLEMAS EN EL HUSILLO	I
		P-06-04	PROBLEMAS EN MOTORES	I
		P-06-05	FALLA EN EL ENBOBINAOR	T
		P-06-06	FUGAS EN MAGUERAS DE AGUA	A
		P-06-07	FUGAS EN MAGUERAS DE AIRE	A
		P-06-08	FUGAS EN MAGUERAS DE ACEITE	A
		P-06-09	AJUSTE DE MICROS DE CONTROL DE PUERTA	A
		P-06-10	TEMPERATURAS DE ACEITE MUY ELEVADAS	I
		P-06-11	REPARACIÓN DE CARROS	I

		P-06-12	FALLAS EN ARRANQUE DE MAQUINA	A
		P-06-13	FALLAS EN CONTADORES	T
		P-06-14	FALLAS EN TEMPERATURAS (RESISTENCIAS/TERMOPARES)	A
		P-06-15	FALLAS EN RODILLOS	T
		P-06-16	PROBLEMAS EN MOTOR HIDRAULICO	I
		P-06-17	PROBLEMAS EN PISTONES	T
		P-06-18	PROBLEMAS EN LOS DISCOS DE PRESION DE CORTE	T
		P-06-19	PROBLEMAS EN LOS MODULOS	A
		P-06-20	PROBLEMAS EN EL ACUMULADOR	I
		P-06-21	AJUSTE DE MICROS DE CONTROL	I
		P-06-22	PROBLEMAS CON LOS PLC'S Y/O DRIVERS	I
		P-06-23	PROBLEMAS EN EL TABLERO DE CONTROL	A
		P-06-24	PROBLEMAS CON EL BREIK	A
		P-06-25	FALLA ELECTRICA EN MAQUINA	A
		P-06-26	MAQUINA EN MANTENIMIENTO	A
		P-06-27	PROBLEMAS EN FILTROS	I
		P-06-28	PROBLEMAS EN PRESION O CARGA DE MAQUINA	I
P-07	FALLA DE MOLDE	P-07-01	SUAJE DAÑADO	T
		P-07-02	PROBLEMAS EN LOS BOTADORES	T
		P-07-03	PUNTOS DE INYECCIÓN TAPADOS	I
		P-07-04	RESISTENCIAS DAÑADAS	A
		P-07-05	LIMPIEZA DE MOLDE	I
		P-07-06	FUGA DE MATERIAL POR LOS EMPAQUES DEL MOLDE	I
		P-07-07	PROBLEMAS CON NOYOS (BOTADORES DEL MOLDE)	I
		P-07-08	FUGA DE MATERIAL POR LOS EMPAQUES DEL MOLDE	I
		P-07-09	FABIRCACIÓN DE NUEVOS TORPEDOS	I
		P-07-10	CAVIDADES EN MAL ESTADO	T
		P-07-11	FABIRCACIÓN DE BOQUILLAS	I
		P-07-12	PROBLEMAS EN LOS INSERTOS	I
		P-07-13	TEMPERATURAS DE MOLDE MUY ELEVADAS	I
		P-07-14	PROBLEMAS EN CON LOS CARROS	I
		P-07-15	PULIDO DE CAVIDADES	I
		P-07-16	CORRECCION DE BARRENOS	I
		P-07-17	MANTENIMIENTO GENERAL A MOLDE	A
		P-07-18	PERNOS ROTOS	I
		P-07-19	PROBLEMAS EN LA CRUZETA	I
P-08	FESTIVO/ PARO PROGRAMADO	P-08-01	PARO POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	A
		P-08-02	PARO PROGRAMADO	A
		P-08-03	CAMBIO DE HORARIO	A
P-09	JUNTA CUALQUI ERA	P-09-01	JUNTA DE EQUIPO	A
		P-09-02	JUNTA MAYOR	A
		P-09-03	JUNTA EXTRAORDINARIA	A
P-10	PRUEBAS	P-10-01	MOLDE	A
		P-10-02	PIGMENTO	A
		P-10-03	PROTOTIPO	T
		P-10-04	RESINA	I
		P-10-05	PRUEVAS DE ADITIVO	I
P-11	TERMINO DE ORDEN	P-11-01	TERMINO DE ORDEN	A
		P-11-02	SIN ORDEN PARA TRABJAR	A
		P-11-03	PT SIN MOVIMIENTO	A
P-12	FALTA DE MATERIAL DEL CLIENTE	P-12-01	FALTA DE MATERIAL DEL CLIENTE	I

ANEXO 2. MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

Se le da la respectiva importancia a los criterios que se van a considerar.

Criterios	M1	M2	Total
A	0.6	0.6	1.2
B	0.1	0.1	0.2
C	0.2	0.1	0.3
D	0.1	0.2	0.3
Total	1.0	1.0	2.0

Mayor impacto en la empresa	M1	M2	Total
Disminuir reprocesos	1	3	4 (2°)
Disminuir tiempo de traslado	5	5	10 (5°)
Disminuir mantenimientos correctivos	2	1	3 (1°)
Disminuir merma	3	2	5 (3°)
Disminuir stock de seguridad	4	4	8 (4°)

Menor impacto en la empresa	M1	M2	Total
Disminuir reprocesos	3	2	5 (4°)
Disminuir tiempo de traslado	1	1	2 (5°)
Disminuir mantenimientos correctivos	4	3	7 (2°)
Disminuir merma	2	4	6 (3°)
Disminuir stock de seguridad	5	5	10 (1°)

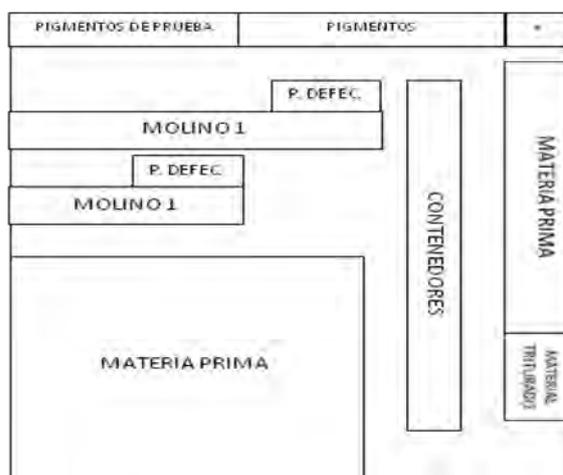
Menor costo de implementación	M1	M2	Total
Disminuir reprocesos	4	3	7 (4°)
Disminuir tiempo de traslado	5	5	10 (5°)
Disminuir mantenimientos correctivos	1	4	5 (3°)
Disminuir merma	3	2	5 (2°)
Disminuir stock de seguridad	2	1	3 (1°)

Mayor rapidez de implementación	M1	M2	Total
Disminuir reprocesos	3	2	5 (2°)
Disminuir tiempo de traslado	5	4	9 (5°)
Disminuir mantenimientos correctivos	4	3	7 (3°)
Disminuir merma	2	5	7 (4°)
Disminuir stock de seguridad	1	1	2 (1°)

	A 1.2	B 0.2	C 0.3	D 0.3	Total
Disminuir reprocesos	2	4	4	2	12
Disminuir tiempo de traslado	5	5	5	5	20
Disminuir mantenimientos correctivos	1	2	3	3	9
Disminuir merma	3	3	2	4	12
Disminuir stock de seguridad	4	1	1	1	7

ANEXO 3. REORGANIZACIÓN DEL CUARTO DE PIGMENTOS

- Implementar 5'S



BIBLIOGRAFIA

ESCALANTE, Vázquez Edgardo J., SEIS SIGMA “Metodología y Técnicas” , 1ª. Edición, Editorial Limusa , México 2008.

VILLASEÑOR, Contreras Alberto, Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing, 1ª Edición, Editorial Limusa Noriega, México 2007.

MONDEN, Yashiro, El Sistema de Producción Toyota. 3ª Edición, Editorial CDN Ciencias de la Dirección S.A. Madrid, España 1988

GOMEZ, Fraile, et al. 6σ Seis Sigma. 2ª Edición, FC Editorial.

MESOGRAFÍA

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/economicos/2004/industrial/estratifica2004.pdf

<http://www.siem.gob.mx/portalsiem/>

<http://www.iiemexico.org/apps/site/files/informacindiplomadomanufacturaesbeltaiie.pdf>
www.cipi.com

CIPI. Documento Informativo sobre las pequeñas y medianas empresas en México. Secretaría de Economía 2001