



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial**

**“MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE
SEIS SIGMA, EN BASE A UNA INDUSTRIA DE ACERO”**

Andrea Desireé Avila Calvillo

Asesorado por el Ing. Industrial Guillermo Zamora Barillas

Guatemala, mayo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE
SEIS SIGMA EN BASE A UNA INDUSTRIA DE ACERO”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ANDREA DESIREÉ AVILA CALVILLO

ASESORADA POR EL: INGENIERO INDUSTRIAL GUILLERMO ZAMORA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Walter Leonel Avila Echeverría
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardon
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

DEDICATORIA A:

- Dios** porque sin su inmensa fidelidad, amor y misericordia, nada de esto sería posible.
- Mis padres** quienes siempre me enseñaron a perseverar y a esforzarme, principalmente con su ejemplo.
- Mi amiga Luz** por haber hecho del tiempo que estuvo con nosotros algo muy especial.
- A mi tío Luis** por todos los momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** por haberme permitido vivir esta experiencia, y por haber estado en todo momento conmigo.
- Mis papás** por haberme retado siempre, por haber compartido conmigo mis éxitos y mis fracasos, por todos los sacrificios y esfuerzos que se que han hecho para que hoy sea quien soy, y este donde estoy. Gracias por amarme así.
- Mis hermanos** mis mejores amigos, por su apoyo incondicional.
- Mis Abuelitos** por su amor y confianza en mi
- Mis Tíos, Tías y Primos** por su amistad, amor y apoyo.
- Mis compañeros y amigos** con quienes compartimos desvelos, risas, enojos, y hasta algunas lágrimas a lo largo de este camino.
- Ingeniero Guillermo Zamora** por su disposición de enseñarme, y por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Industria Galvanizadora S.A. por facilitarme la realización del presente e han aportado a mi vida profesional y personal.

Ingeniera María Colmenares por su apoyo en la realización del presente trabajo de graduación.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala especialmente a la Escuela de Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería por su aporte en mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	1
1.1. Seis Sigma	1
1.1.1. Historia de seis sigma	1
1.1.2. Definición de seis sigma	3
1.1.3. Beneficios de seis sigma	6
1.1.4. Infraestructura de seis sigma	7
1.1.5. Metodología de seis sigma	9
1.2. Información general de Industria Galvanizadora S.A.	12
1.2.1. Breve historia	12
1.2.2. Misión	13
1.2.3. Visión	13
1.2.4. Política de calidad	13
1.2.5. Estructura de Industria Galvanizadora S.A.	14
1.2.6. Clientes y mercados de la Industria Galvanizadora S.A.	15
1.2.7. Procesos	15
2. SITUACIÓN ACTUAL	17

2.1.	Análisis de la situación actual _____	17
2.1.1.	FODA _____	17
2.2.	Necesidad de mejora continua _____	19
2.2.1.	Identificación de áreas de mejora _____	19
3.	SITUACIÓN PROPUESTA _____	27
3.1.	Implementación de seis sigma _____	27
3.1.1.	Factores necesarios. _____	27
3.1.2.	Equivocaciones comunes _____	34
3.2.	Implementación de seis sigma en INGASA. _____	35
3.2.1.	Cronología _____	35
4.	IMPLEMENTACIÓN _____	37
4.1.	Proyectos de mejora continua _____	37
4.2.	Definir _____	38
4.2.1.	Planteamiento del problema: _____	38
4.2.2.	Definición del proyecto _____	39
4.2.3.	Definición de las metas y objetivos del proyecto _____	39
4.2.4.	Cadena del valor _____	40
4.2.5.	Impacto del proyecto _____	40
4.2.6.	Descripción del proceso _____	41
4.3.	Medir _____	43
4.3.1.	Establecimiento de métricos _____	43
4.3.2.	Evaluación del sistema de medición _____	43
4.3.3.	Plan para recolectar y reunir información _____	50
4.3.4.	Elaborar mediciones _____	51
4.4.	Analizar _____	52
4.4.1.	Análisis de la información y el proceso. _____	53
4.4.2.	Análisis de las causas de los problemas. _____	55
4.4.3.	Identificación de las entradas clave del proceso. _____	58

4.4.4.Relación entre las entradas y salidas del proceso. _____	59
4.5.Implementar mejora _____	59
4.5.1.Soluciones propuestas. _____	60
4.5.2.Seleccionar la mejor solución y pronosticar la mejora _____	60
4.5.3.Implementar la solución _____	61
4.6.Controlar _____	61
4.6.1.Plan para definir ahorros _____	62
5. MEJORA CONTINUA _____	65
5.1.Análisis del cumplimiento de los objetivos. _____	65
5.1.1.Cronología del comportamiento del proceso _____	65
5.1.2.Diferencia entre el desempeño actual y los objetivos _____	66
5.2. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) _____	.66
5.2.1.Factores para mantener el proceso eficiente _____	.69
5.2.2.Factores que afectan la eficiencia del proceso _____	.69
CONCLUSIONES _____	71
RECOMENDACIONES _____	73
BIBLIOGRAFÍA _____	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1. Área debajo de la curva normal.....	4
2. Variación normal de la media de un proceso.....	5
3. Estructura de INGASA.....	14
4. Diagrama de flujo de INGASA.....	20
5. Diagrama IPO de INGASA.....	22
6. Diagrama de Pareto de áreas de oportunidad.....	24
7. Diagrama de causa y efecto para la mejora continua	26
8. Diagrama IPO para Green Belt.....	30
9. Cadena de valor del departamento de ventas.....	40
10. Diagrama IPO del proceso de ventas	42
11. Diagrama IPO del proyecto optimización de materias primas.....	44
12. Mediciones de los operadores por parte.....	48
13. Fuentes de variación del sistema de medición.....	49
14. Rangos de las mediciones por operador.....	50
15. Diagrama de Pareto por departamento.....	54
16. Pareto por área.....	55
17. Diagrama de causa y efecto para la rentabilidad del área de ventas.....	57

18. Gráfica de tendencias.....	58
19. Gastos antes y después del proyecto.....	63

Tablas

I. Miembros del equipo seis sigma.....	8
II. Análisis de modo y efecto de falla.....	30
III. Matriz IPO para la selección de Green Belt.....	31
IV. Resultados de mediciones.....	46
V. Fuente de variación.....	47
VI. Precisión y resolución del sistema de medición.....	47
VII. Mediciones.....	51
VIII. Ponderación del análisis de modo y efecto de falla.....	67
IX. Análisis de modo y efecto de falla.....	68

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en la presentación de un modelo de cómo implementar y aplicar la metodología de mejora continua, seis sigma. Dicho trabajo es aplicable a cualquier rama de la industria; sin embargo esta basado en una empresa del ramo de industria del acero. Este trabajo de graduación inicia con la presentación de la historia de seis sigma, metodología que se remonta a los años 80's. Seguido de esto, se presenta un marco teórico, el cual incluye la definición misma de esta metodología la cual es utilizada para mejorar los procesos de una organización , sus beneficios, su impacto, su infraestructura y la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, implementar y controlar). La presentación de la metodología DMAIC es clave en el desarrollo de este modelo, debido a que esta es la metodología utilizada para desarrollar proyectos de mejora continua seis sigma. También se incluye la historia de Industria Galvanizadora S.A, empresa en la cual esta basado este modelo. Esta historia abarca desde el inicio de la empresa, pasando por su certificación en la norma ISO 9001:2000, y siguiendo por la implementación de la metodología de mejora continua, seis sigma. Con esto se termina la parte teórica de este trabajo de graduación, y se inicia una parte más práctica, en donde se desarrolla la metodología DMAIC presentada anteriormente, utilizando diferentes proyectos basados en los procesos de Industria Galvanizadora S.A. Para cada etapa de la metodología DMAIC, se presenta uno o varios proyectos, según su aplicación. Para finalizar se presenta la forma en que se deben evaluar los proyectos frecuentemente para que la mejora conseguida con ellos, permanezca con el tiempo. Además se presenta un análisis de modo y efecto

de falla, en el cual se sintetizan y se analizan todas las fases del proceso de implementación y aplicación de seis sigma.

OBJETIVOS

General

Presentar un modelo de la correcta implementación y aplicación de Seis Sigma basado en una industria de acero.

Específicos

1. Presentar una definición de Seis Sigma.
2. Indicar todos los beneficios que Seis Sigma trae a las organizaciones.
3. Mostrar la manera correcta de implementar Seis Sigma en una organización.
4. Aplicar la metodología de Seis Sigma a un proceso de INGASA seleccionado.
5. Diseñar una mejora para el proceso seleccionado.
6. Implementar el proceso mejorado en INGASA.
7. Analizar los resultados de aplicar la metodología de Seis Sigma para el proceso seleccionado.

INTRODUCCIÓN

Seis Sigma es un sistema de medición basado en la medida estadística conocida como desviación estándar. Sin embargo, el concepto de Seis Sigma se extiende más allá de la estadística. Es una metodología que utiliza un conjunto de herramientas para alcanzar metas agresivas con el fin de reducir la variación en los procesos, mejorar la satisfacción del cliente, generar crecimiento de negocio mejorar la rentabilidad, etc.

Actualmente, Seis Sigma está adquiriendo mucha importancia en el ámbito de los negocios. En los Estados Unidos de América es utilizada desde los años 80's y a pesar de que actualmente es conocida principalmente en países muy desarrollados, los resultados que muchas empresas han alcanzado han sido tales que muchas organizaciones quieren saber que es "Seis Sigma" y como pueden implementarlo y aplicarlo a su organización para que sobreviva la competencia agresiva que ha traído consigo la globalización.

El presente trabajo de graduación fue desarrollado con base al modelo de Industria Galvanizadora S.A. quien por estar seriamente comprometida con sus clientes, luego de haber implementado un sistema de calidad certificándose por la norma ISO 9001: 2002 implementó el sistema de mejora continua en sus procesos mediante la metodología de Seis Sigma, convirtiéndose así en Pionera en la aplicación de Seis Sigma, no sólo en el país sino en Centro América.

En el siguiente trabajo se presenta el modelo para implementar correctamente Seis Sigma y la forma en que puede ser aplicado prácticamente a todos los procesos.

1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

1.1 Seis Sigma

A continuación se describen algunos aspectos relacionados con Seis Sigma.

1.1.1. Historia de seis sigma

Actualmente Seis Sigma está adquiriendo mucha importancia en el ámbito de los negocios. Es conocida principalmente en los países de primer mundo, sin embargo los resultados han sido tales que el mundo entero quiere saber que es "Seis Sigma". Pero ¿Cómo comenzó esta filosofía que ahora esta cambiando las organizaciones?

A raíz de la revolución en el ámbito de la calidad que tuvo el Japón después de la segunda guerra mundial, en Estados Unidos, las grandes empresas supieron que tenían que hacer algo con respecto a su mala calidad. En ese entonces el promedio en las empresas en estadounidenses era de 35,000 defectos por millón.

En principios de los años '80 un ingeniero de la división de comunicaciones de Motorola llamado Bill Smith, fue el primero en utilizar el concepto Seis Sigma cuando trabajaba en encontrar la correlación entre la vida útil del producto final y el numero de reparaciones que había tenido el producto en su fabricación.

En el año de 1985, Bill Smith dijo que si un producto presentaba fallas en su fabricación, podría también presentar fallas que pasaran inadvertidas para los fabricantes, que descubriría el cliente en las primeras etapas de vida del producto.

En ese mismo tiempo otro ingeniero llamado Mikel Harry, se encontraba trabajando en la resolución de problemas para la división de Government Electronic Group, por medio de métodos estadísticos.

Bill Smith y Mikel Harry hicieron los cálculos estadísticos y determinaron que necesitaban un nivel seis sigma (es decir 3.4 defectos por millón) para reducir los defectos en los productos y así satisfacer al cliente. Descubrieron que el nivel de calidad de sus productos era de cuatro sigma y que los japoneses se encontraban en un nivel seis sigma, lo que quiere decir eran 1800 veces mejores que ellos en términos de calidad, esto significó un reto para la organización.

Robert. W Galvin, quien estaba al frente de la compañía en ese entonces, nombro a Jack Germaine como jefe de coordinación de calidad, empezaron a realizar reuniones hasta que toda la organización se dio cuenta de que aunque pensaran que su departamento iba bien podía mejorar. Fue así como la organización entera empezó a trabajar con un nivel de seis sigma en todas sus operaciones lo que la llevó a ser la primera empresa en ganar el premio nacional a la calidad "Malcolm Baldrige" de Estados Unidos.

A finales de los '80, Motorola decidió compartir con algunos de sus competidores algunos detalles de su plan de calidad (seis sigma) ya que ellos también serían sus proveedores y sus clientes. A partir de este momento empezó la difusión de Seis Sigma.

Entre las empresas que adoptaron Seis Sigma están Texas Instruments (1988), IBM (1990), Asea Brown Boveri (1993) Allied Signal/kodak (1994), General Electric (1995), Invensys y Polaroid (1996,98), etc, y más recientemente Du Pont, Ford, Dow Chemical, Microsoft y American Express.

Estas empresas están alcanzando resultados impresionantes debido al nivel de compromiso que tienen con seis sigma, están aumentando su competitividad, y hoy son organizaciones de renombre, conocidas en todo el mundo.

1.1.2. Definición de seis sigma

Estadísticamente el nombre “**Seis Sigma**” se deriva de la letra griega Sigma “ σ ” la cual es utilizada en estadística para representar la desviación estándar de un conjunto de datos.

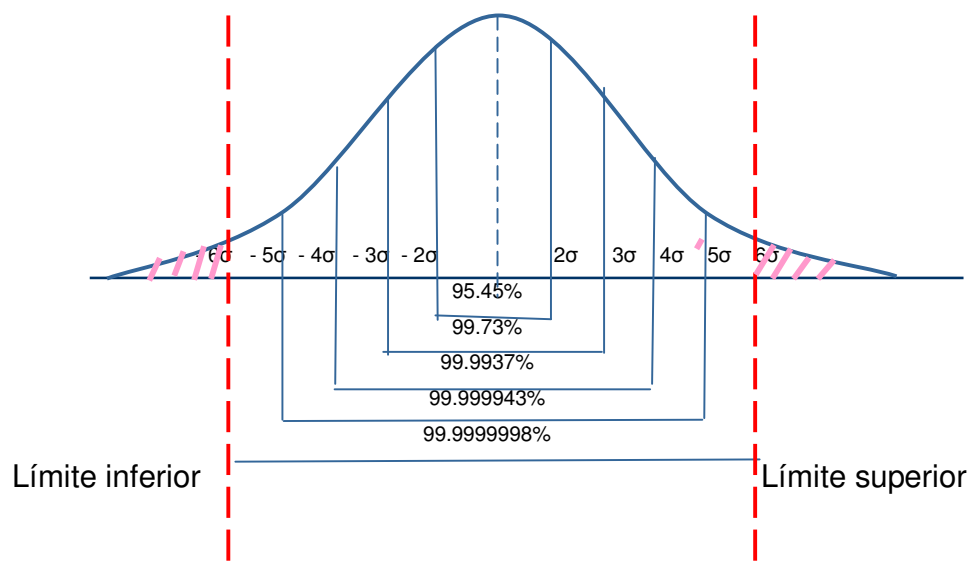
Por lo general muchos procesos tienden a distribuirse normalmente lo cual origina gráficamente una curva simétrica con forma de campana conocida como campana de Gauss, donde su eje de simetría es el punto donde coinciden las tres medidas de tendencia central: media aritmética, moda y mediana (ver figura 1).

El área debajo de la gráfica es igual a 1 (o 100%). Debido a que la media es la misma que la moda, el punto más alto de la campana es la media. Debido a que la mediana es la misma que la media, el 50% de los valores están debajo de la media y 50% están arriba de la media.

Si sobre esta gráfica de campana, se colocan los límites de un gráfico de control se puede ver que existen valores que quedan dentro de la campana; es decir entre el límite superior y el límite inferior, y otros que quedan fuera de la campana (fuera de los límites). Estos últimos representan la probabilidad de que ocurra un error.

La figura 1 ilustra el porcentaje de los valores que quedan dentro de los límites a una distancia de $n\sigma$.

Figura 1 Área debajo de la curva normal.



Según estudios realizados por “**Six Sigma Research Institute, Motorola University**”, la mayoría de los procesos varían 1.5σ de la media, debido a causas aleatorias, tales como el material utilizado, la persona, etc. Sin embargo, debe mantenerse dentro de los límites de especificación para no defraudar al cliente.

$$CP_k = \sigma \frac{\text{nivel}}{3} = \frac{4.5}{3} = 1.5$$

- σ Capacidad = para este caso es 6 σ , y esta definida de la siguiente forma:

$$\sigma \text{ Capacidad} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \cdot \ln(\text{dpm})}$$

- DPM: Significa defectos por millón. En la figura 1.1 los defectos por millón están representados por el área que queda fuera de los límites.

Al despejar de la ecuación anterior $\text{dpm} = 3.4$.

- CP: es un índice que representa la capacidad potencial del proceso y se define así:

$$Cp = \sigma \frac{\text{Capacidad}}{3} = \frac{6}{3} = 2$$

Aunque seis sigma se auxilia de estadísticas para su desarrollo, su significado se extiende mucho más. Es una estrategia para hacer las cosas más rápido, a menor costo, y mejores. Es una estrategia de la mejora continua que las empresas altamente competitivas necesitan.

1.1.3. Beneficios de seis sigma

Cuando una institución, empresa u organización se compromete con llevar sus procesos a un nivel de calidad seis sigma los resultados son:

- Toda la organización se llega a conocer mejor a sí misma, sus productos y sus procesos.
- Los defectos reducen significativamente lo que mejora la satisfacción del cliente.

- La organización se convierte más competitiva, por medio del crecimiento económico a través de los ahorros producidos y del crecimiento en las ventas, maximizando las utilidades de la empresa.
- Se estandarizan las técnicas u herramientas que todos utilizan.
- Se eliminan los procesos que no le agregan valor al cliente.
- Se tienen metas objetivas.
- Se acelera la mejora continua.
- El retorno de la inversión se recupera rápidamente.

1.1.3.1. Zonas de impacto de seis sigma

Básicamente se puede decir que Seis Sigma abarca tres sectores: los clientes, la cultura de la organización y la capacidad de los procesos.

1.1.4. Infraestructura de seis sigma

Uno de los principios que hace a Seis Sigma tan robusto es la infraestructura dentro de la organización. Esta infraestructura promueve la cultura de seis sigma a toda la organización.

La siguiente tabla muestra la estructura del equipo de seis sigma:

Tabla I: Miembros del equipo seis sigma

Grupo	Características de los miembros	Funciones
Champion	<p>Es aquel que sirve de mentor para los expertos, por ser un líder respetado, capaz y conocedor en los negocios, y fuerte proponente de seis sigma.</p> <p>Se entrena por 3 o 5 días en la planeación e implementación de proyectos.</p>	<p>Provee recursos para proyectos, establece un plan, desarrolla indicadores, etc.</p>
Master Black Belt	<ul style="list-style-type: none"> ■ Persona conocedora de herramientas estadísticas. ■ Capaz de aplicar sus conocimientos al desarrollo del proyecto. ■ Ejemplo para los Black Belts y los Green beltss. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Consultor interno de Seis Sigma. ■ Se entrena por una o dos semanas más que los Black Belts.
Black Belt	<ul style="list-style-type: none"> ■ Experiencia en manejo de herramientas estadísticas de mediana y alta dificultad. ■ Capaz de convertir los datos en información. ■ Recibe un entrenamiento de tres a cuatro semanas, con tres o seis semanas de por medio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lleva a cabo proyectos de alto impacto para la organización. ■ Dedicar la totalidad de su tiempo a desarrollar proyectos por un tiempo máximo de dos años consecutivos.
Green Belt	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conocimiento en herramientas estadísticas. ■ Capaz de deducir información a partir de datos. ■ Le dedican un 25% de su tiempo al desarrollo de proyectos de Seis Sigma. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ayuda para los Black Belts. ■ Desarrollan proyectos seis sigma que producen ahorros suaves para la organización.

Continuación

	<ul style="list-style-type: none">■ Reciben un entrenamiento de dos a una semana con un mes de por medio.	
Equipo de trabajo	<ul style="list-style-type: none">■ Son multifuncionales y se adaptan a las necesidades del grupo.■ Saben escuchar y son de mente abierta.■ Tienen tareas definidas	<ul style="list-style-type: none">■ Son ayuda para quien esta desarrollando el proyecto proporcionándoles información e ideas de su área

Fuente: www.airacademy.com

1.1.5. Metodología de seis sigma

Seis Sigma recalca la aplicación de herramientas estadísticas y métodos para realizar proyectos que tengan como resultado mejoras dramáticas, medibles y de alto impacto a la organización. Existen varios métodos para desarrollar proyectos seis sigma, aunque estos básicamente tienen las mismas tareas a desarrollar.

1.1.5.1. DMAIC

Este es uno de los métodos más utilizados para el desarrollo de proyectos de seis sigma. El nombre de este método representa las siglas de: definir, medir, analizar, implementar mejora y controlar.

1.1.5.1.1. Definir

Esta es una de las etapas más importantes, debido a que con una buena y clara definición el desarrollo del proyecto, este irá en buena dirección y se logrará alcanzar los objetivos y metas.

Para definir el proyecto se pueden seguir los siguientes pasos:

- Identificar las oportunidades de mejora
- Seleccionar un proyecto
- Definir las metas y objetivos del proyecto
- Estructurar un grupo de trabajo
- Identificar los recursos clave.
- Entender la voz del cliente
- Empezar a documentar
- Revisar esta etapa con el equipo de trabajo, el Champion, etc.

1.1.5.1.2. Medir

Seis sigma se ha caracterizado de otras técnicas por su base en las mediciones, y es que seis sigma considera importante las mediciones por las siguientes razones:

- La percepción y la intuición no siempre es el reflejo real de las cosas.
- Se deben entender los procesos para conocerlos y poder identificar donde están las áreas de oportunidad; así mismo determinar si el proceso es estable o predecible y la variación del mismo, además sirve para saber el desempeño.
- Para conocer al cliente y entenderlo, para saber si está satisfecho con el producto o no.
- Para poder documentar y comprobar la mejora.

1.1.5.1.3. Analizar

Como resultado de la etapa de medir, se generan datos del proceso, clientes, etc. Ahora estos se deben interpretar para luego implementar una mejora.

1.1.5.1.4. Implementar mejora

En esta etapa ya se tiene un análisis de toda la información, ya se ha llegado a conocer mejor el proceso, los clientes, etc. Se conoce bien el problema y sus causas, entonces ya se tienen ideas de que hacer para mejorar; sin embargo, se debe recordar que no se puede confiar en la intuición o percepción, se debe probar si son correctas y producirán un resultado que solucione el problema.

1.1.5.1.5. Controlar

Para asegurar que el proyecto generará los beneficios estimados a lo largo de un tiempo, es necesario controlar.

En esta etapa se analiza el y evalúa el desempeño actual y su relación con el desempeño inicial. Además esta es la etapa donde se cuantifican las ganancias.

1.2. Información general de Industria Galvanizadora S.A.

Con el objetivo de comprender de una mejor manera la metodología de seis sigma, se detalla a continuación aspectos generales relacionados con Industria Galvanizadora S.A.

1.2.1. Breve historia

En el año 1987 nació Industria Galvanizadora, S.A, INGASA. Iniciando sus operaciones con el objetivo de producir láminas galvanizadas de primera calidad. En 1988 comienza la fabricación de lámina galvanizada que es hoy líder del mercado centroamericano, contando con un gran surtido de perfiles lisos y acanalados. La primera planta se construyó en Villa Nueva con 2,184 mts² de construcción, con capacidad de 15,000 toneladas anuales; los que pronto se hicieron insuficientes para cubrir las necesidades del mercado centroamericano. INGASA se vio en la necesidad de construir una nueva planta en el mismo lugar. Esta nueva planta, cuenta con aproximadamente 12,500 mts².

En el año de 1994, fue instalada la primera línea de galvanizado, convirtiéndose así en la primera empresa guatemalteca en tener esta tecnología. En 1997 para continuar su crecimiento INGASA se unió al grupo Industrias Monterrey, el más grande productor de acero recubierto en Latino América. Industrias Monterrey nació en 1936 con el objetivo de transformar el acero en un material perdurable y de múltiples usos. La calidad de los productos de IMSA está garantizada desde 1995 por la certificación internacional ISO 9002, en cada uno de sus procesos. IMSA cuenta con la mayor capacidad de producción de acero recubierto de América Latina, con

exportaciones directas a más de 35 países de toda América, Europa, Asia y el Medio Oriente.

En noviembre del año 2,002 INGASA recibe la certificación ISO 9001:2000 lo que garantiza la calidad de los productos fabricados por la empresa.

En el año 2,003 se instala la segunda línea de galvanizado continuo lo que la convierte en "La fábrica con mayor capacidad instalada de Centroamérica", que permite exportar a Centro, Norte, Sur América y el Caribe.

Desde el 2003 es pionera en Centro América del programa Seis Sigma.

1.2.2. Misión

“Somos una empresa comprometida a generar consistentemente el más alto valor para nuestros accionistas proporcionando a nuestro clientes los mejores productos y soluciones en acero recubierto”

1.2.3. Visión

“Ser reconocidos como la mejor opción en el mercado de acero recubierto en Centro América, ofreciendo soluciones integrales e innovadoras, manteniendo el liderazgo en calidad alcanzando la excelencia en el servicio”

1.2.4. Política de calidad

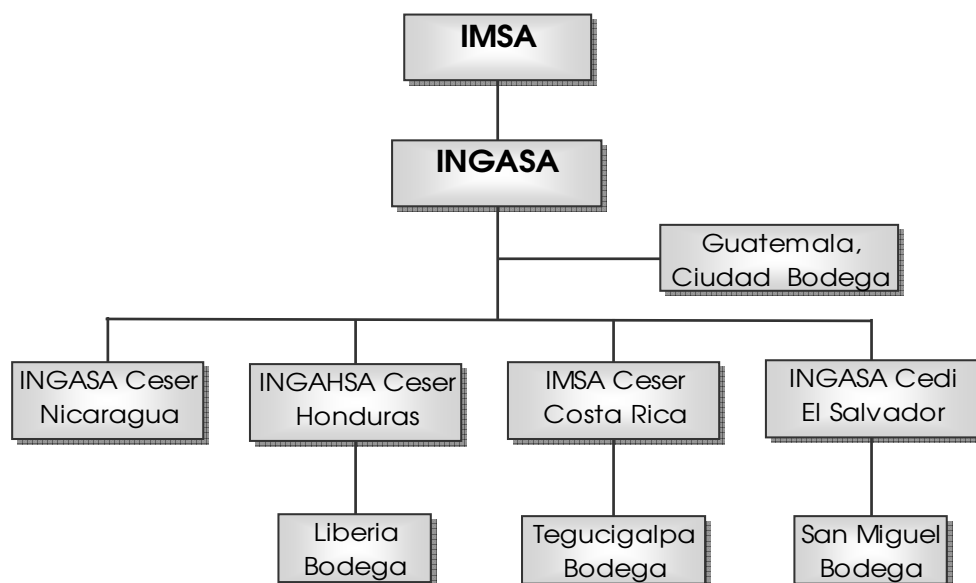
“Es política de Industria Galvanizadora S.A. que todo su personal, produzca bienes y servicios, que cumplan con los requerimientos de nuestros

clientes y aseguren su satisfacción, manteniendo su liderazgo en calidad a través de procesos de mejora continua”

1.2.5. Estructura de Industria Galvanizadora S.A. (INGASA)

Industria Galvanizadora S.A. tiene su casa matriz en México, la cual es conocida como Industrias de Monterrey S.A (IMSA). INGASA tiene además centros de servicio (ceser) y centros de distribución (cedis) en toda Centroamérica. Básicamente la estructura de INGASA se muestra en la siguiente figura:

Figura 3 Estructura de INGASA



1.2.6. Clientes y mercados de la Industria Galvanizadora S.A.

Industria Galvanizadora S.A. está enfocada a los siguientes mercados:

1.2.6.1. Comercial

Abastece al sector ferretero por medio de las marcas: Pantera, Ingasa, Blue Star, Zintro, Zintroalum y Polilámina Pantera. Además ofrece sus distintos acabados recubiertos y lámina traslúcida

1.2.6.2. Construcción

Abastece los productos industriales, estructurales, teja, losacero, RN-100, R-90 para edificaciones de naves industriales, bodegas y centros comerciales entre otros. Para este mercado se cuenta con cuantiosas soluciones metálicas y traslúcidas para techos, paredes, y entrepiso, así como perfil tubular galvanizado el cual se aplica en puertas y ventanas.

1.2.6.3. Industrial

A este mercado se le proporciona acero recubierto para su transformación en línea blanca, automotriz, refrigeración, aire acondicionado, etc. A este mercado se le ofrece hojas lisas y flejes de diferentes espesores y acabados.

1.2.7. Procesos

Básicamente INGASA lleva a cabo dos procesos: galvanizado de acero y elaboración de perfiles para láminas. Adicionalmente Industria Galvanizada S.A comercializa su producto y el de su casa matriz IMSA a Norte, Centro, Sur América, y el Caribe.

Todos los procesos se elaboran con tecnología de punta y alto control de calidad.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Análisis de la situación actual

Antes de proponer soluciones se debe analizar la situación en la que se encuentra la empresa. Para ejemplificar, el análisis solamente se presenta a nivel macro; sin embargo se recomienda elaborar un análisis más específico para encontrar más áreas de oportunidad.

2.1.1. FODA

Una herramienta muy útil para analizar la situación de la empresa es el FODA ya que analiza las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, abarcando de esta manera lo bueno y malo tanto internamente como externamente.

A continuación se muestra un análisis FODA de Industria Galvanizadora S.A:

Fortalezas

- INGASA es una empresa líder en el mercado.
- INGASA cuenta con tecnología de punta para la elaboración de sus productos.
- INGASA tiene el soporte de su casa matriz IMSA.
- Calidad en sus productos
- Calidad en sus procesos.

- INGASA tiene personal altamente calificado.

Oportunidades

- Ampliar sus mercados a nivel nacional
- Ampliar sus mercados a nivel internacional
- Elaborar nuevos e innovadores productos
- Diseñar procesos nuevos
- Adquirir nueva tecnología.
- Oportunidad de crecimiento a nivel internacional por tratados de libre comercio.

Debilidades

- La demanda del producto es cíclica.
- Alto costo por innovación.

Amenazas

- La diversificación del mercado
- Se necesita mano de obra muy especializada
- Competencia nacional
- Competencia internacional
- Las principales materias primas son bienes escasos que tienen tendencia a aumentar su precio.
- Demanda afectada por poder adquisitivo del mercado.

2.2. Necesidad de mejora continúa

En Noviembre del año 2002, INGASA fue certificada con la norma 9001:2000; sin embargo INGASA no entiende esta certificación como un fin, sino más bien como un comienzo para convertirse en una empresa con calidad total y uno de los principios de la calidad total es la mejora continua.

2.2.1. Identificación de áreas de mejora

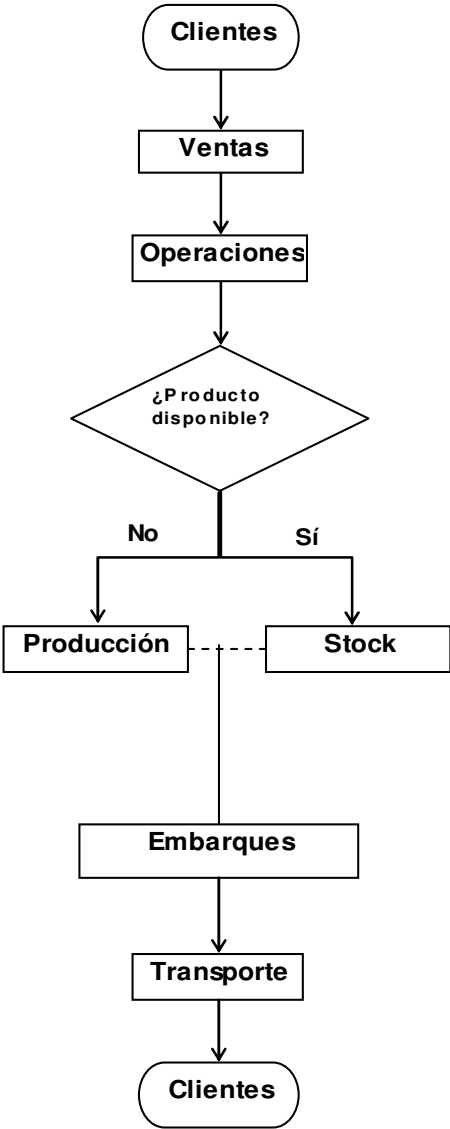
No se puede mejorar aquello que no se conoce, por esta razón se hace necesario la utilización de ciertas herramientas, que ayudarán a ver el proceso de la empresa desde varias perspectivas. Una vez ya se tengan las áreas de oportunidad de la empresa deben priorizarse para luego analizarlas y mejorarlas.

2.2.1.1. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una herramienta que ilustra gráficamente un proceso. Es muy útil para conocer mejor al proceso e identificar las áreas críticas y de oportunidad.

El proceso macro de Industria Galvanizadota S. A (el cual se muestra en la figura 4) comienza con los requisitos del cliente, los cuales son trasladados a ventas, quien traduce estos requisitos al lenguaje interno de la organización. Esta información es trasladada a operaciones, quien verificará si es necesario o no producir el producto. Después de tener listo el producto, este se despacha por medio del departamento de embarques utilizando algún medio de transporte. El proceso termina cuando el producto es recibido por el cliente.

Figura 4 Diagrama de flujo de Industria Galvanizadora S.A



2.2.1.2. Diagrama IPO (entrada-proceso-salida)

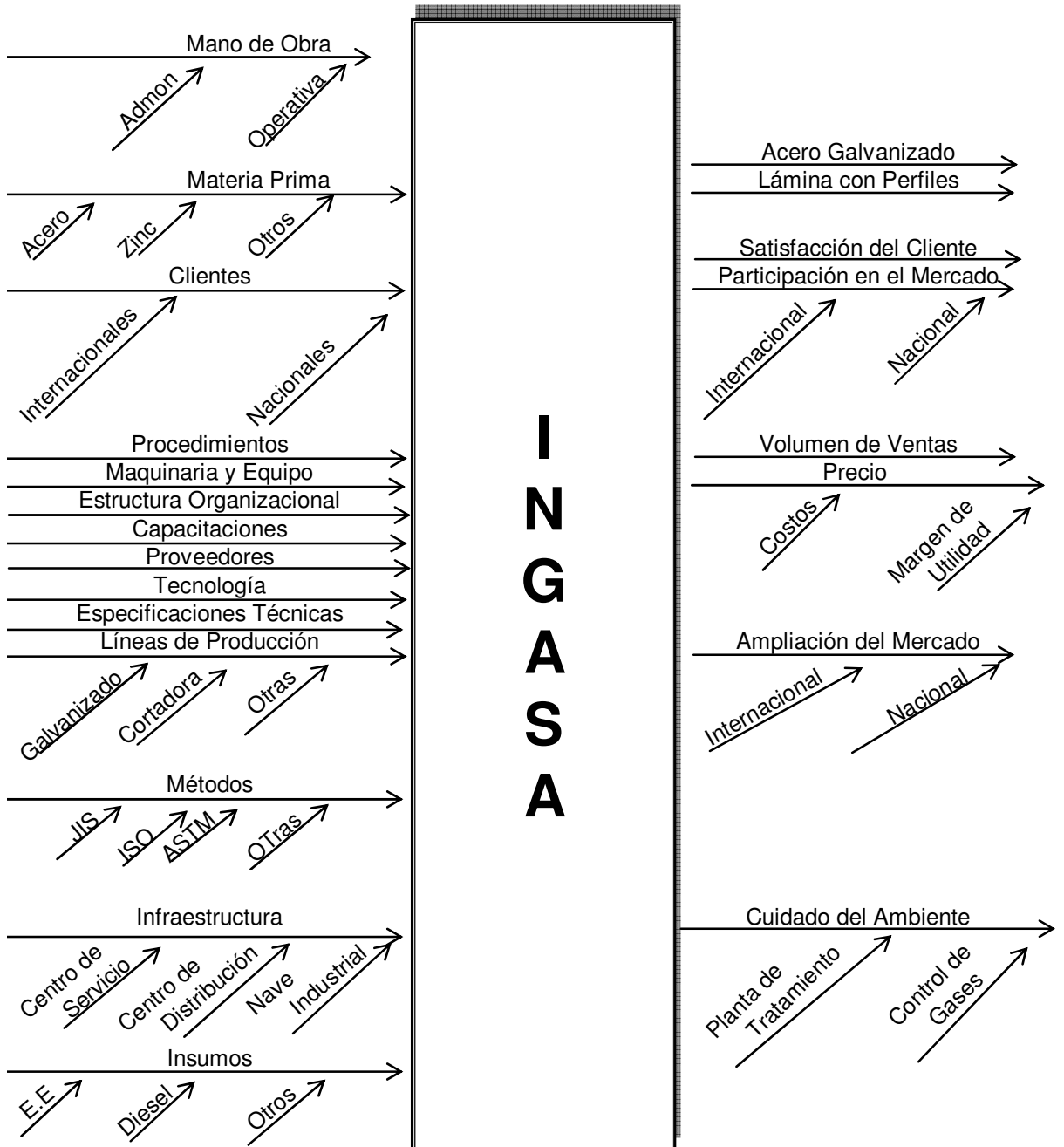
El diagrama IPO es un diagrama que da una representación visual de un proceso o una actividad en relación a sus entradas (insumos) y salidas.

Para Industria Galvanizadora S.A, sus entradas vienen dadas por la mano de obra tanto administrativa, como operativa, la materia prima necesaria para la elaboración de todos los productos, los clientes nacionales e internacionales, procedimientos, maquinaria y equipo, estructura organizacional, capacitaciones, proveedores, tecnología, especificaciones técnicas, líneas de producción, métodos, infraestructura e insumos.

Las salidas del proceso de Industria Galvanizadora S.A son los productos terminados (galvanizado y perfiles), la satisfacción del cliente, la participación en el mercado nacional e internacional, las ventas, el precio compuesto por el costo y un margen de utilidad, la ampliación en el mercado nacional e internacional, el cuidado del ambiente por medio de sus procesos.

Esta representación gráfica del proceso de Industria Galvanizadora S.A, se muestra en la figura 5, la cual se muestra a continuación.

Figura 5. Diagrama IPO de Industria Galvanizadora S.A



2.2.1.3. Análisis de modo y efecto de falla

El análisis de modo y efecto de falla es un método para identificar aspectos críticos o de riesgo en los cuales debe ejercerse cierto control.

La importancia de elaborar un análisis de este tipo es que al identificar los riesgos, se pueden establecer mecanismos para evitar las situaciones que los provocan.

En la tabla II se muestra un análisis de modo y efecto de falla conocido como “*tipo tejano*”. En el cual se pueden observar para diferentes procesos de Industria Galvanizadora S.A sus posibles dificultades las cuales son inherentes a los procesos, las acciones preventivas que se deben llevar a cabo para evitar las dificultades, y los responsables de llevarlas a cabo.

Tabla II: Análisis de modo y efecto de falla.

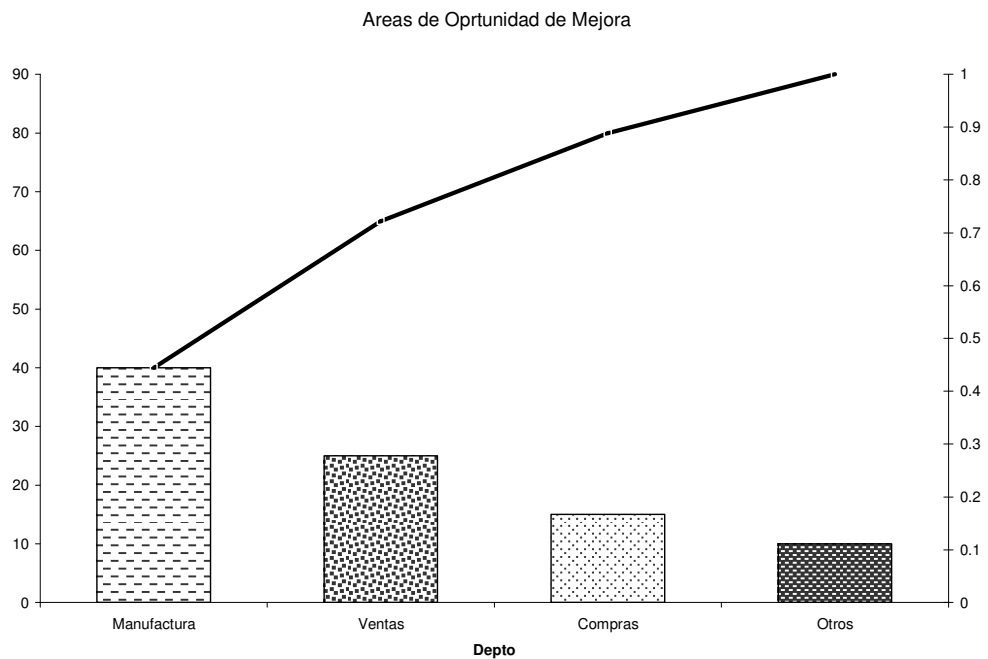
Posibles Dificultatades	Aciones Preventivas	Responsable
Maquinaria y Equipo Descompuestos	Mantenimiento Predictivo	Encargados del Mantenimiento Mecánico y Eléctrico
	Mantenimiento Preventivo	
Proveedores	Selección de los proveedores en base a un estudio completo que tome en cuenta calidad, puntualidad de entrega, etc.	Encargados del Control de Calidad
Líneas de Producción	Dar mantenimiento preventivo a la línea	Jefes de las líneas de Producción
	Trabajar bajo las especificaciones de las líneas	

2.2.1.4. Diagrama de Pareto

Anteriormente se elaboró un análisis de la situación de INGASA por medio de diagrama IPO, análisis de modo y efecto de falla y diagrama de flujo. Por medio de estos análisis se identificó a nivel general todos los factores que intervienen en el proceso de INGASA.

Con el fin de obtener un análisis más específico, y poder identificar de una mejor manera las áreas de oportunidad de Industria Galvanizadora S.A, se utilizó un diagrama de Pareto, por medio del cual se determinó que existían áreas de oportunidad en varias áreas, sin embargo mediante este diagrama se identificaron las áreas con las que se conseguirían más mejoras. Este análisis se muestra en la figura 6, la cual se muestra a continuación El alcance de el análisis depende de la complejidad del giro de cada negocio.

Figura 6 Diagrama de Pareto de áreas de oportunidad



Como puede verse, el área con mayor oportunidad de mejora es el de manufactura. Por lo general, al hacer un diagrama de Pareto de este tipo, en una empresa dedicada a la manufactura de cierto producto, este departamento es el que presenta más áreas de oportunidad.

2.2.1.5. Diagrama de causa y efecto

Industria Galvanizadora S.A tiene una base sólida en cuanto a la calidad se refiere. Esto se evidencia con el sistema de calidad implementado en el 2002 ISO (Internacional Standardization Organization) y la recertificación del mismo en Octubre del 2005. Además de la capacidad de sus procesos. Sin embargo, una empresa aunque sea muy eficiente no acaba su búsqueda de la calidad al obtener certificaciones, etc.; es decir, no ve las certificaciones como un fin, sino más bien un comienzo para una nueva etapa de mejorar continuamente.

Para saber los factores con que cuenta actualmente Industria Galvanizadora S.A para mejorar continuamente se presenta el siguiente diagrama de Causa y Efecto:

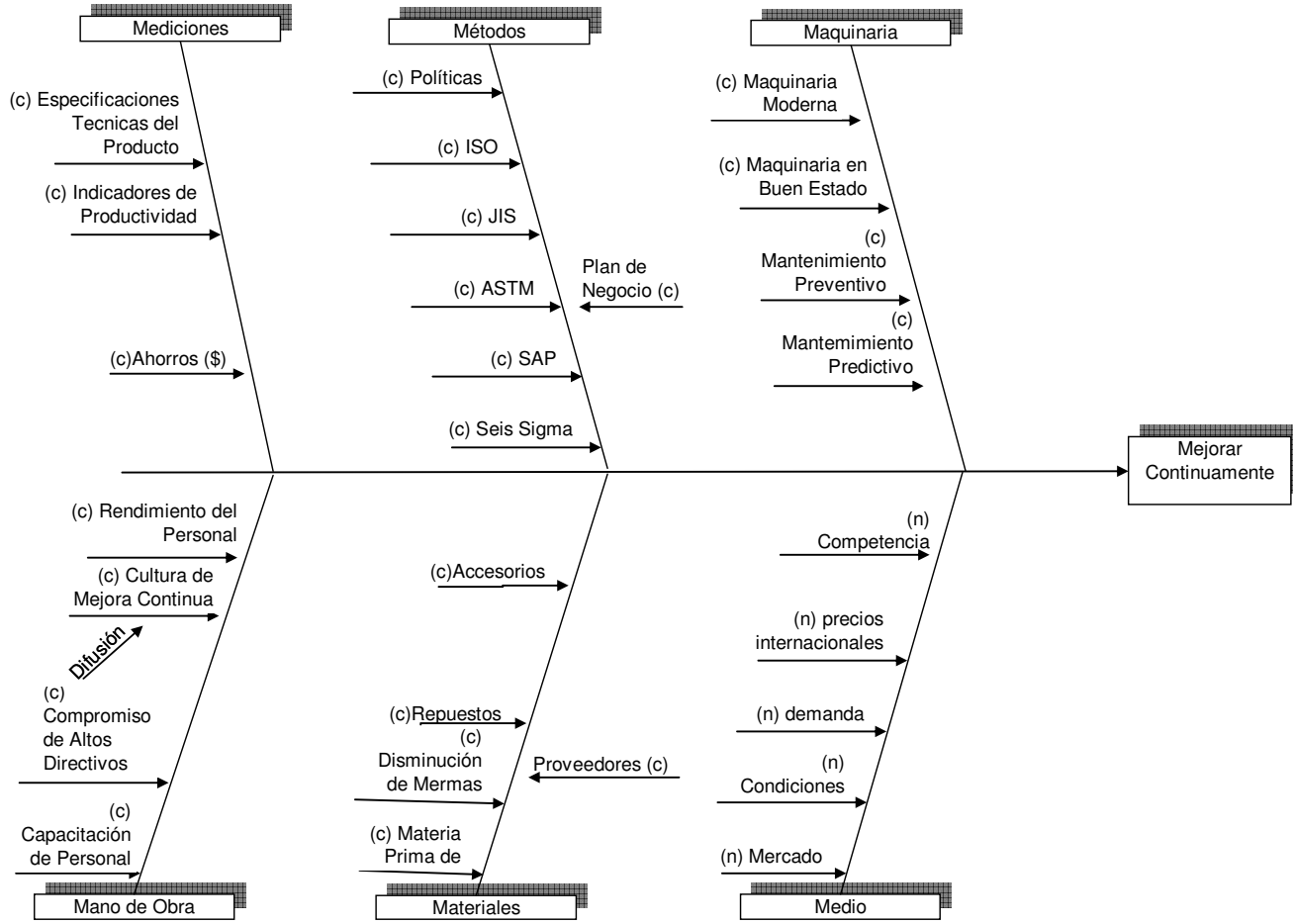


Figura 7 Diagrama de causa y efecto para mejora continua

3. SITUACIÓN PROPUESTA

3.1. Implementación de seis sigma

Seis Sigma es una herramienta de mejora continua, tanto en una organización que este bien estructurada, y cuente con fortalezas que la hagan muy competitiva, como en organizaciones que tienen procesos muy ineficientes y con muchos problemas.

Como inicio a la implementación de Seis Sigma, los altos directivos de la empresa deben comprometerse y definir que es lo que se necesita, los beneficios esperados, las proyecciones que se tienen, si es el tiempo apropiado para implementar seis sigma en la empresa, que tanta cobertura externa se necesita, la inversión necesaria, etc.

3.1.1. Factores necesarios.

Existe una serie de factores que se necesitan para implementar Seis Sigma en una empresa, estos son:

3.1.1.1. Recursos humanos

Cuando se implementa Seis Sigma en una organización, se establece una infraestructura que comprende una cultura de calidad total en todos sus

niveles, debido a que abarca todos los procesos, y es aplicable en cada área de la empresa. Por esta razón, Seis Sigma debe compartirse y enseñarse a todo el recurso humano, ya que el éxito de Seis Sigma está en función de cuanto sea comprendida y aplicada por toda la organización.

El cambio que trae consigo Seis Sigma incluye en primer lugar a los líderes de la organización quienes deben estar verdaderamente comprometidos con este cambio. Ellos deberán recibir un entrenamiento adecuado de 3 a 5 días, para convertirse en mentores (Champions) de los proyectos de mejora continua. Debe existir un Champion por área de negocio. El compromiso de los líderes empresariales es indispensable para lograr un buen desempeño de seis sigma y conseguir resultados que impacten drásticamente la organización.

Una organización no debe contratar nuevas personas que se encarguen del trabajo de seis sigma, ya que los encargados de esta tarea son el equipo que desarrollará los proyectos de Seis Sigma, así como los Champions, etc, (ver Tabla I: Miembros del equipo Seis Sigma). Este equipo está conformado por Black Belt los cuales son el 2 % de los empleados de toda la organización, Green Belts, que son por lo menos cinco por cada Black Belt y Master Black Belt, que son el 10% de los Black Belt. De todos los miembros del equipo, los Black Belt son los únicos que deben irse cambiando con el tiempo (aproximadamente dos años), debido a que puede darse el fenómeno llamado **“ceguera de taller”**, que dificultaría encontrar nuevas áreas de oportunidad, o bien un desgaste que les obstaculice alcanzar las metas planteadas.

El juicio para seleccionar a los miembros de este equipo es muy importante, pues si no se hace de la manera correcta, Seis Sigma no producirá los resultados esperados en la organización.

A continuación se muestra un modelo para seleccionar Green Belt, el cual puede ser generalizado para seleccionar a todo el personal necesario en la infraestructura de seis sigma:

El modelo de selección abarca dos fases. La primera fase es elegir a los Green Belt necesarios de un grupo de candidatos y la segunda introducir a los nuevos Green Belt desde que han sido elegidos hasta el curso de capacitación.

3.1.1.1.1. Selección

En base a las necesidades que se presentan en el desarrollo de proyectos seis sigma, un candidato a Green Belt debe tener ciertas características; sin embargo no todas tienen el mismo nivel de importancia, y cada una puede ser ponderada

Para entender mejor que es lo que se necesita de los Green Belt se presentan en un diagrama IPO (ver figura 8) el conjunto de características que en general se espera de un Green Belt. Estas son:

- Auto motivación.
- Grandes ahorros
- Éxito en los proyectos
- Un buen trabajo en equipo

Con el fin de obtener las características mencionadas anteriormente, se deben tener personas con las siguientes cualidades:

- Bilingüe inglés/español: la mayoría de la bibliografía acerca de Seis Sigma esta escrita en el idioma inglés.

- Actitud positiva
- Conocimientos básicos de estadística
- Nivel académico
- Disponibilidad de tiempo
- Persona organizada
- Buenos resultados dentro de la empresa
- Capacidad de trabajo en equipo
- Persona respetada por sus compañeros
- Compromiso del candidato con la empresa

Si bien estas cualidades pueden ser suficientes, pueden variar de acuerdo al criterio de la empresa.

El conjunto de cualidades descritas anteriormente forman entonces el perfil del Green Belt, y para conseguirlas se deben tener candidatos para Green Belt.

Figura 8 Diagrama IPO para Green Belt



En base al diagrama IPO mostrado anteriormente, se elaboró una matriz IPO (ver Tabla III) con el objetivo de que los Champions, que son los encargados de seleccionar nuevos Green Belt pudieran calificar cada uno de los candidatos tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente en el diagrama IPO (ver figura 8).

Tabla III Matriz IPO para la selección de Green Belt



Matriz IPO para la Selección de Green Belt



	Idiomas	Actitud	Conocimientos	Nivel Académico	Disponibilidad de Tiempo	Cualidades Personales	Resultados dentro de la Empresa	Capacidad de Trabajo en Equipo	Persona Respetada por sus compañeros	Compromiso	Calificación Total (máximo 630 pts.)
<i>Ponderación</i>	3	9	5	5	6	7	7	7	6	8	630
<i>Candidato # 1</i>	6	6	0	10	10	10	10	10	10	0	452
<i>Candidato # 2</i>	7	10	10	6	9	10	6	10	10	2	503
<i>Candidato # 3</i>	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0	315

Los candidatos que obtengan de la matriz IPO las mejores calificaciones deben ser elegidos para ser los nuevos Green Belt. Para visualizar mejor la comparación entre candidatos resulta útil una gráfica con todos los candidatos y sus calificaciones.

3.1.1.1.2. Inducción:

Después de la selección de los candidatos a Green Belt en la organización, es necesario realizar lo siguiente para una correcta inducción a Seis Sigma:

3.1.1.1.2.1. **Informar**

Cuando se han elegido nuevos Green Belt, es necesario introducirlos a Seis Sigma de una manera que sepan y lo entiendan como una oportunidad de crecimiento dentro de la empresa.

Es recomendable que se cite a los nuevos Green Belt a una reunión informativa, en donde se les felicite por haber sido elegidos, se les digan las cualidades por las cuales fueron elegidos, y los resultados que se esperan de ellos, así como información general del curso de capacitación, etc.

3.1.1.1.2.2. **Nivelar**

No todos los Green Belt tienen conocimientos profundos en el área de estadística, y el paso siguiente después de ser elegidos es ser capacitados para desarrollar proyectos seis sigma. Como ya se mencionó anteriormente, la metodología de seis sigma requiere de la aplicación de muchas herramientas estadísticas, las cuales son enseñadas en el curso de capacitación; sin embargo es necesario nivelar a los próximos Green Belt en conocimientos básicos de estadística para que den mejores resultados. Este paso normalmente sólo es necesario en la etapa de inducción.

Anteriormente se mencionó la importancia de que toda la organización conozca y sepa de Seis Sigma. No todo el personal será parte directa del equipo de Seis Sigma, por lo tanto se debe discutir con todas las personas de la empresa que es Seis Sigma y la razón por la que la organización ha decidido implementarlo. Adicionalmente a esto, es importante que cada persona entienda su papel dentro de esta nueva cultura y conozca quienes conformarán los Green Belt, Black Belt, etc.

3.1.1.2. Recursos económicos

Grandes organizaciones están invirtiendo en la implementación de seis sigma en todos sus procesos, y esto se debe a que los resultados que se alcanzan con seis sigma son reales, impactan a la organización de manera significativa, y el retorno a la inversión se obtiene rápidamente

Los costos que se tienen que efectuar son los siguientes:

- Contratar a un consultor externo de la organización para que en base a su experiencia seleccione el número de trabajadores que deberán integrarse directamente a Seis Sigma en relación a la estructura y número de empleados de la organización. Además podrá ayudar a seleccionar y definir los primeros proyectos que se llevarán a cabo. Es importante que este consultor se relacione directamente con los altos directivos de la empresa.

- Empresa que impartirá la capacitación: Actualmente en Guatemala no existen empresas de este tipo, así que se tendría que contratar una empresa extranjera. Para esto se puede evaluar mediante la relación costo/beneficio si resulta más conveniente mandar a traer al (los) instructor (es) o bien mandar a los participantes de Seis Sigma al extranjero a recibir el curso de capacitación.

En cualquiera de los dos casos y hasta que se tenga una empresa consultora nacional, se tendrá que gastar adicionalmente en hospedaje y alimentación.

No debe olvidarse que antes de contratar a la empresa que impartirá la capacitación o a la persona consultora, se debe examinar la situación actual de la organización y plantearse claramente lo que se necesita y lo que se desea conseguir.

- **Material Didáctico:** Generalmente este material comprende libros de estadística, libros acerca de Seis Sigma y software especial para facilitar la realización de los proyectos. Actualmente la mayoría de este material aún no ha sido traducida al español, sino que se utilizan versiones en inglés.

3.1.2. Equivocaciones comunes

En base a la experiencia de varios expertos se dice que las siguientes son factores que comúnmente tienden a ocurrir, y que no ayudan a la correcta implementación de Seis Sigma en una empresa:

- Los altos directivos de las empresas no están totalmente comprometidos y delegan la tarea de implementar seis sigma a alguien más.

- No se cuenta con una base o fundamentos de calidad dentro de la empresa, sino que se desea conseguir esto con seis sigma, cuando en realidad seis sigma es para la mejora continua, cuando ya se tiene o empieza a tener calidad en los procesos de la organización.

- Se subestima la importancia de la inversión en una empresa consultora de prestigio.

- Mala selección de consultores y empresas proveedoras.

3.2. Implementación de seis sigma en Industria Galvanizadora S.A

Industria Galvanizadora S.A. es una empresa líder y con una base muy sólida. En comparación con empresas nacionales Industria Galvanizadora S.A cuenta con muchas fortalezas, sin embargo, decidió implementar Seis Sigma para su mejora continua.

3.2.1. Cronología

Industria Galvanizadora S.A. es una empresa pionera en seis sigma a nivel centroamericano.

Industria Galvanizadora S.A es una empresa comprometida con la satisfacción de todos sus clientes, asegurándoles la mayor calidad en sus productos y servicios. Por esta razón Ingasa fue certificada con la norma ISO 9001:2002 en noviembre del 2002.

Es parte de la política de calidad de Ingasa, tener liderazgo en calidad a través de procesos de *mejora continua*. Para alcanzar la mejora continua de todos sus procesos Industria Galvanizadora S.A adopta seis sigma como una de sus principales estrategias en el año 2003.

Los pasos para implementar Seis Sigma en Ingasa fueron:

- Seleccionar a los gerentes que habrían de convertirse en Champions y capacitarlos

- Seleccionar a dos personas que cumplieran con las características de Black Belt, separarlas de su trabajo, y capacitarlas para unirse a Seis Sigma.

- Seleccionar y capacitar a personas para unirse a Seis Sigma como Green Belt y capacitarlas.

- Seleccionar y capacitar a personas para unirse a Seis Sigma como Green Belt

Ha pasado relativamente poco tiempo desde que Industria Galvanizadora decidió crear un grupo Seis Sigma, sin embargo los logros alcanzados han sido bastante satisfactorios.

Industria Galvanizadora S.A consciente de los beneficios que Seis Sigma le ha proporcionado, ha contribuido a la difusión de esta metodología en el país, dando conferencias a estudiantes universitarios, gremiales, etc.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Proyectos de mejora continua

Una vez implementadas las bases de Seis Sigma en una empresa, el siguiente paso es trabajar con la metodología DMAIC mostrada en el primer capítulo para mejorar los procesos.

Tal y como la figura 6 lo indico, Industria Galvanizadora S.A inicio con el programa de mejora continua Seis Sigma enfocándose a los procesos de manufactura. Esto ayuda como un proceso de pasar de ser una debilidad a una fortaleza. Sin embargo, considerando los resultados obtenidos, Industria Galvanizadora S.A, ha comenzado a focalizar sus esfuerzos en otras de oportunidad; por ejemplo, los departamentos de ventas y compras para continuar con la mejora continua dentro de la organización entera. No obstante, Industria Galvanizadora S.A sigue buscando la mejora continua en todos los procesos de todos los departamentos.

Para la ejemplificación de la aplicación de la metodología DMAIC se presentarán varios proyectos, de distintas áreas de Industria Galvanizadora S.A, los cuales se están llevando a cabo actualmente. Esto con el objetivo de presentar el proyecto que resulta más explicativo para cada una de las fases de la metodología DMAIC.

4.2. Definir

Para la etapa de definición se tomará de base un proyecto del área de ventas.

En esta fase se llevan a cabo las siguientes tareas:

- Una descripción del producto o el proceso que se quiere mejorar.
- Una definición clara de las metas y objetivos del proyecto
- Descripción clara del proyecto
- Estructura del equipo de trabajo.
- Definir los indicadores que se utilizarán para controlar el proyecto.
- Definir qué cadena de valor se está apoyando y quién es el que recibe el valor.

4.2.1. Planteamiento del problema:

En esta parte se debe explicar el origen del proyecto, es decir el problema del que nace el proyecto. Para el proyecto de ventas que se desarrollará en esta etapa, el problema que se planteó es el siguiente:

La situación actual económica, política y social del país, han afectado el mercado en Guatemala, el cual se encuentra contraído. Además en el entorno internacional, los precios de las materias primas se han incrementado. De ahí nace la importancia del área de acción de este proyecto.

4.2.2. Definición del proyecto

En esta etapa se debe definir clara y objetivamente las áreas de oportunidad que tiene el proyecto.

Además se debe nombrar al proyecto con claridad y de manera que se defina lo que se desea con el proyecto. A continuación se muestra como ejemplo la definición del proyecto de ventas:

El proyecto de Ventas tiene como alcance de análisis acciones de corto y mediano por lo que se estratifico para obtener un proyecto Seis Sigma a corto plazo.

En la estratificación se obtuvo como prioridad la maximización de la rentabilidad.

4.2.3. Definición de las metas y objetivos del proyecto

El correcto desarrollo de esta etapa es muy importante, las metas y los objetivos deben definirse de forma clara y medible. Se debe determinar cual será el escenario en que se considerará exitoso el proyecto tomando en cuenta todos los factores tanto constantes como variables. Para el proyecto de ventas, los objetivos y metas eran los siguientes:

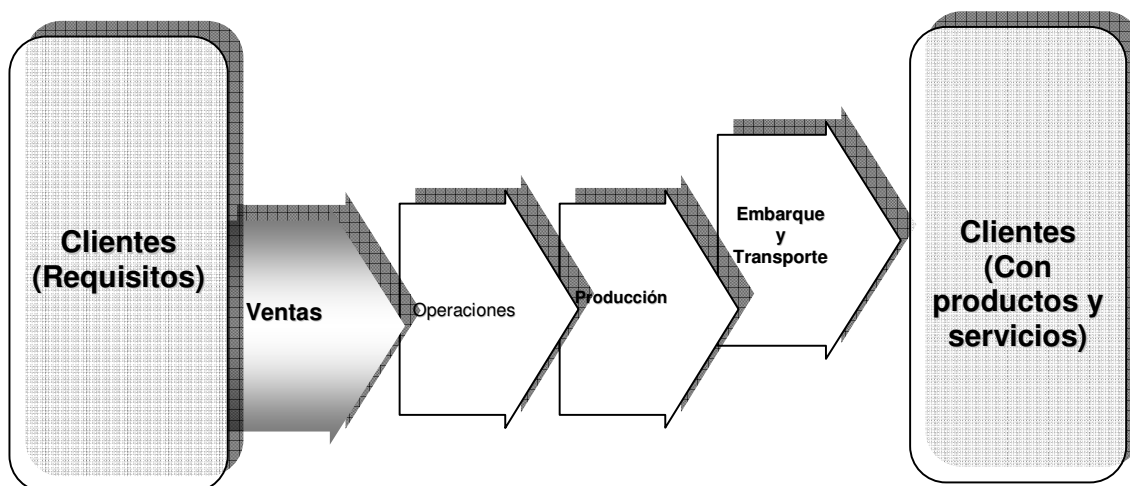
- Aumentar la rentabilidad.
- Aumentar las ventas.
- Estandarizar los costos y/o gastos del departamento.

4.2.4. Cadena del valor

La cadena de valor es una secuencia de procesos o actividades necesarias para llevar el producto al cliente.

En la figura 9, se presenta el eslabón del área de ventas en relación con la cadena de valor de Industria Galvanizadora S.A. Puede verse en la figura 9 las entradas (requisitos del cliente) y las salidas (información para operaciones) del proceso de ventas.

Figura 9 Cadena de valor del departamento de ventas



4.2.5. Impacto del proyecto

En la etapa de definición se debe describir cual será el impacto del proyecto para la organización. En el caso del proyecto de ventas, tiene un impacto grande sobre toda la organización, ya que esa es la entrada de ingresos.

4.2.6. Descripción del proceso

La descripción del proceso es muy importante para las otras etapas de la metodología DMAIC. Para esta etapa pueden utilizarse varias herramientas, entre las más conocidas están: los diagramas de flujo, los diagramas de entrada y salida (IPO). Los diagramas de flujo pueden proporcionar ayuda para determinar que agrega y que no agrega valor a lo largo del proceso.

Un parámetro para diferenciar aquello que agrega valor de aquello que no agrega valor es lo siguiente:

- Si una actividad del flujo del proceso mejora el desempeño, entonces agrega valor.

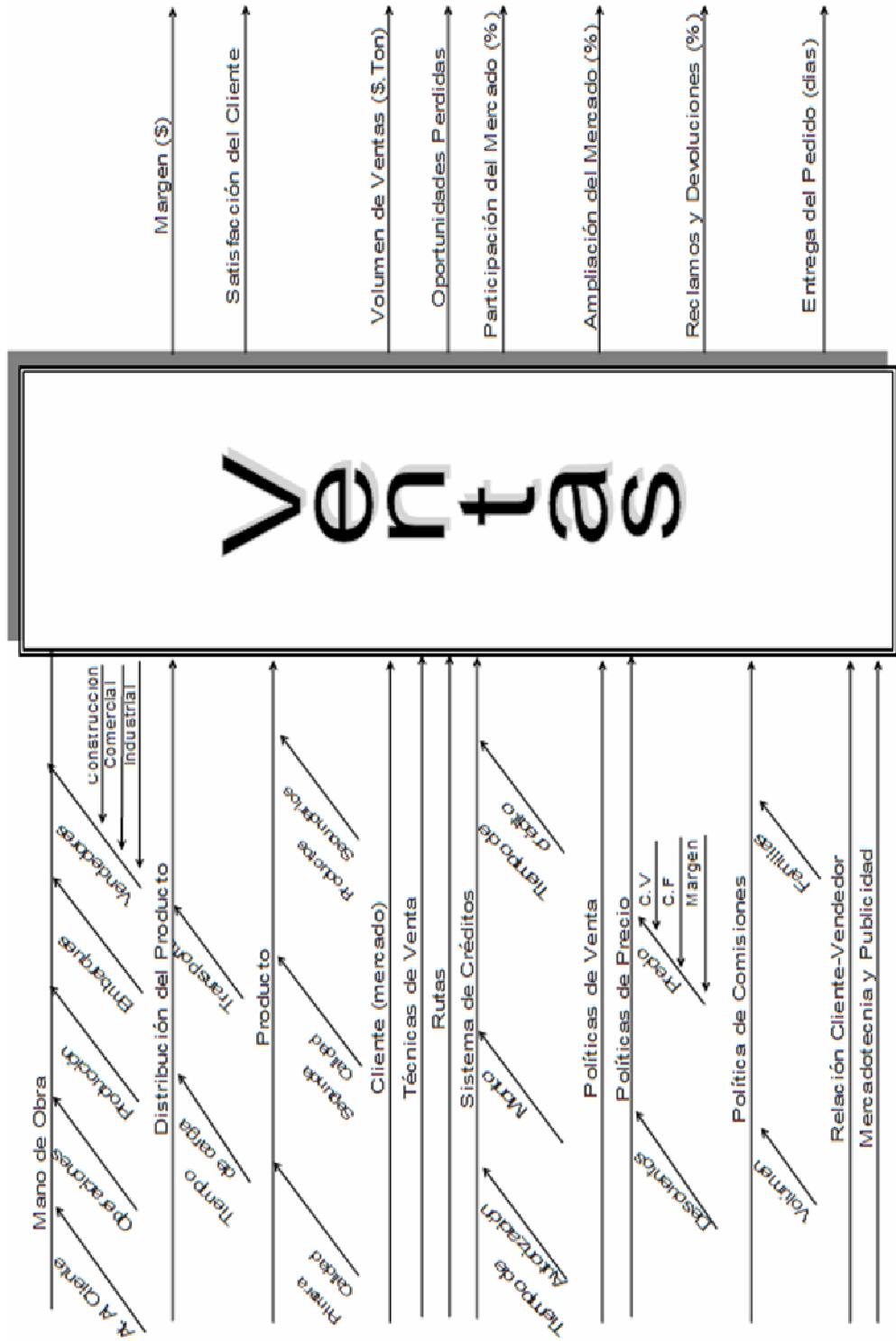
- Si una actividad del flujo del proceso ayuda a disminuir los costos, entonces agrega valor

- Si una actividad del flujo del proceso ayuda a disminuir el tiempo de ciclo, haciendo que el tiempo de la entrega del producto o servicio sea menor, entonces agrega valor

Los diagramas IPO facilitan la comprensión de los factores que afectan al proceso.

En la figura 10 se muestra un diagrama IPO el cual es de carácter general. Este diagrama se realizó con el fin de poder conocer el proceso de ventas en un nivel más amplio.

Figura 10 Diagrama IPO del proceso de ventas



4.3. Medir

Es importante que en el desarrollo de la medición se determine el criterio que se utilizará para medir. Este puede ser en función de los requerimientos del cliente, de las áreas de problema actuales o potenciales, o relacionado a costos, tiempo, etc. En general, para que una medición sea eficiente debe tomar en cuenta:

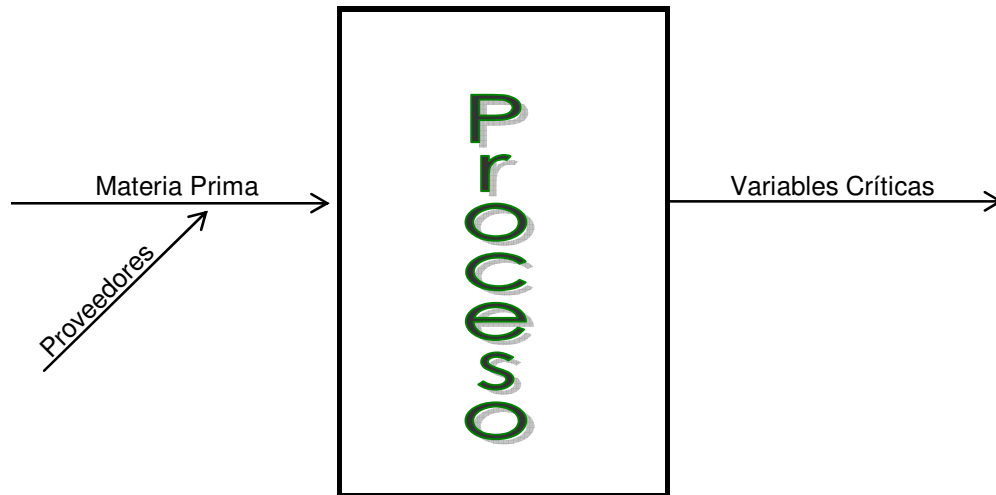
- La estrategia de la organización.
- Las necesidades del cliente: ya sea interno o externo
- Las áreas de oportunidad.
- Facilidad y disponibilidad para elaborar las mediciones.

En esta etapa se mostrará la aplicación de la fase medir de la metodología DMAIC en un proyecto llamado “**Optimización materias primas**“. Este proyecto surgió con la necesidad de estandarización de proveedores para lograr mayor exactitud en los requerimientos, así como la necesidad de optimizar una variable crítica.

4.3.1. Establecimiento de métricos

En esta etapa se deben definir los métricos o indicadores que brindarán información para entender mejor el proceso y poder así mejorarlo. Los indicadores o métricos para el proyecto pueden determinarse de las salidas del diagrama IPO que se elabora en la fase de definir tal y como se muestra en la figura 11.

Figura 11 Diagrama IPO del proyecto optimización de materias primas



Para este proyecto de optimización de materias primas, se tiene un proceso el cual transforma esta materia prima en producto terminado. Este producto terminado esta compuesto por diferentes especificaciones, las cuales pueden ser conocidas también como variables críticas. En este caso estas variables críticas (salidas del diagrama IPO), serán los indicadores métricos analizados en esta fase del proyecto.

En esta etapa también se debe definir una línea base de cómo los métricos se han comportado en el tiempo para poder compararlos después de implementar la mejora. Esta línea base puede tomarse de varios meses, sin embargo esto dependerá del proceso que se este analizando así como de la disponibilidad que se tenga en la información.

Para este proyecto se tomo una línea base de dos años, debido a que se tenía la disponibilidad a todos los datos.

4.3.2. Evaluación del sistema de medición

En cada proceso de medición siempre se pueden encontrar variaciones debidas a dos factores: al proceso de medición y a la variación entre las partes que se midan del proceso.

La variación en el proceso de medición, puede darse por dos factores: la repetición, que es la variación obtenida por la misma persona, con el mismo instrumento de medición con el mismo producto; y la reproducibilidad, que es la variación debido a las diferentes personas que realizan la medición.

Para este caso específico, interesa determinar cuanta variación esta asociada a la medición de las variables críticas por parte del operador y cuanta variación corresponde a la falta de exactitud del proveedor.

Para la evaluación del sistema de medición se tomaron tres operadores del área de producción, dos que generalmente son los encargados de realizar las mediciones de la variable y otro más que usualmente no es responsable de elaborar dicha medición.

Se tomó una muestra de siete partes de materia prima de diferentes dimensiones las cuales se midieron por los tres operadores dos veces. Los resultados de las mediciones en milímetros se muestran en la tabla IV. Esta tabla esta compuesta por ocho columnas. La primera muestra el número de pieza, la segunda columna muestra la dimensión original de la variable que se esta midiendo y en las columnas restantes se muestran los dos cálculos realizados por los operadores.

Tabla IV. Resultados de mediciones

Parte #	Referencia (dimensión)	Operador 1		Operador 2		Operador 3	
		Replica1	Replica 2	Replica1	Replica 2	Replica1	Replica 2
1	179.9	180	180	180.6	180.4	180.5	180.3
2	112.3	112.5	112.5	112.8	111.1	112.7	111.7
3	150.25	150.9	150.3	150.8	150.7	150.3	150.6
4	54.5	54	53.4	53.9	53.5	53.5	53.9
5	162.3	161.2	162.7	162.2	163	162.7	162.5
6	105.3	105	105.4	105	105.6	104.9	105.2
7	131	130.6	130.4	130.5	130.3	130.3	130.7

En base a los resultados mostrados anteriormente, se elaboró un análisis del sistema de medición.

Como en todo sistema de medición, se tienen siempre variaciones, con el análisis de este sistema se pretende identificar las fuentes de estas variaciones las cuales pueden ser por las siguientes razones:

- Variación debida al proceso de medición en sí, lo cual incluye la variación por el operador, la variación por la repetibilidad (la variación que cada operador presenta al medir la misma pieza varias veces) y la variación por la reproducibilidad (la variación en la medición de la misma pieza por el mismo operador).
- Variación debida al producto, es decir a variación entre los productos que se están midiendo.

En la tabla V se muestra la fuente de variación para este sistema de medición.

Se puede observar como se distribuye la variación en el sistema de medición. La mayor fuente de variación (99.9%) se obtuvo a causa del producto, es decir, por la variación de las piezas que se midieron.

Esto demuestra que el sistema de medición es adecuado, debido a que todas las piezas eran de ancho diferente.

Tabla V. Fuente de variación

Fuente de variación	Varianza	Desviación Standard	% de Contribución
Proceso de medición total	0.17202742	0.41476188	0.01%
Repetición	0.17202742	0.41476188	0.01%
Reproducibilidad	0	0	0.00%
Operador	0	0	0.00%
Producto (parte a parte)	1787.36516	42.27724169	99.99%
Total	1787.53719	42.27927615	100.00%

En la tabla VI se presenta la precisión y resolución de las mediciones.

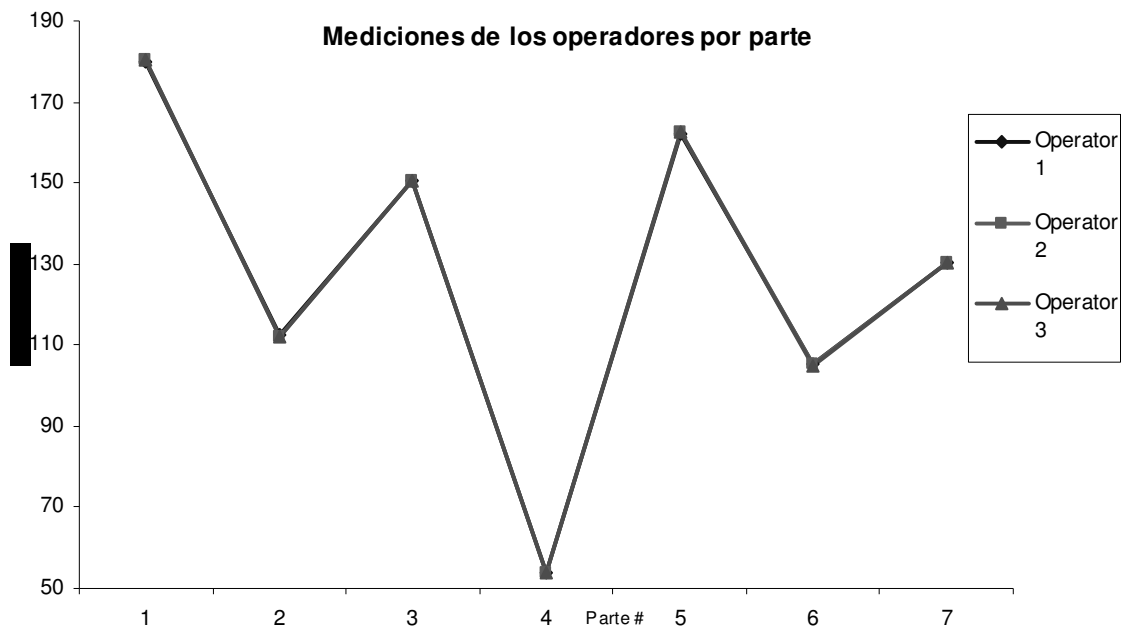
Para considerar aceptable la precisión total debe estar por debajo del 10%. Como se puede observar, para este sistema de medición, la precisión es aceptable ya que tiene un valor del 98.07%. Para que la resolución se considere aceptable debe estar por arriba de 5, lo cual es el caso en este sistema de medición, ya que tiene un valor de 143.7.

Tabla VI Precisión y resolución del sistema de medición.

Precisión a la Proporción Total	0.00981005
Resolución	143.7

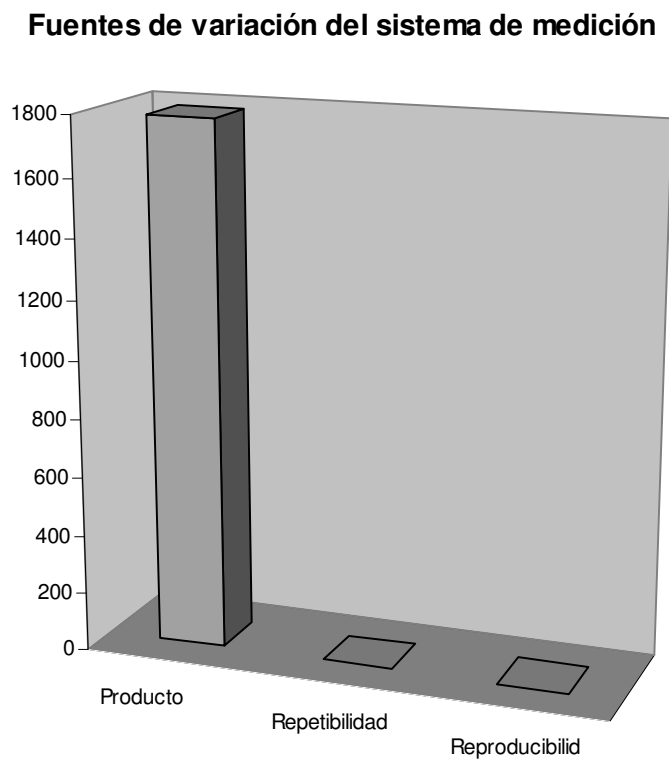
En la figura 12 se presentan las mediciones de las siete piezas por cada operador. Como puede observarse, la diferencia entre las mediciones entre los operadores de todas las partes es muy similar e incluso no es fácil distinguirla en el gráfico, por lo tanto el error debido a la reproducibilidad no es significativo.

Figura 12 Mediciones de los operadores por parte.



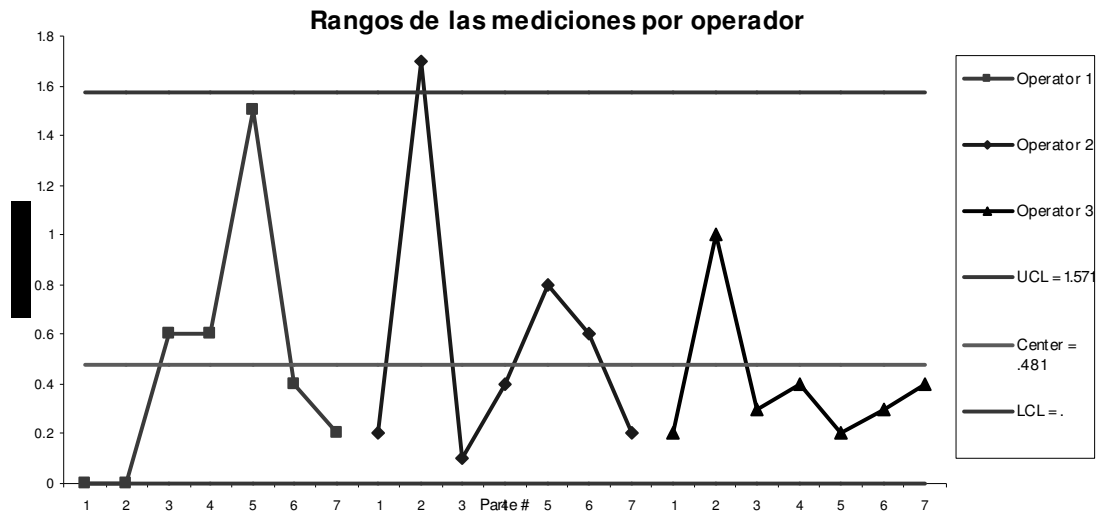
Con el objetivo de visualizar de una manera gráfica las diferentes fuentes de variación del sistema de medición, se elaboró un gráfico de frecuencias, el cual es presentado en la figura 13. Se observa que de los componentes de variación del sistema de medición, el mayor es el del producto (parte a parte)

Figura 13. Fuentes de variación del sistema de medición



En la figura 14, se presenta gráficamente el rango de las mediciones de cada operador por parte. Este gráfico es de ayuda para analizar la variación que existe por repetición, sin embargo como puede verse es mínimo.

Figura 14 Rangos de las mediciones por operador



4.3.3. Plan para recolectar y reunir información

Era necesario obtener los datos históricos de la variable crítica para analizar la tendencia, etc. Esta recolección de todos los datos se mediante una base de datos.

Para el proyecto de **“Optimización de material prima”**, se utilizaron mediciones históricas, porque se consideró que se tenía suficiente información y disponibilidad total de los datos; sin embargo es común que existan proyectos en los cuales se deben realizar las mediciones de los datos presentes, y los datos históricos únicamente se utilizan para determinar la línea base.

4.3.4. Elaborar mediciones

En base a la tabla de datos mostrada en la figura 14, se determinó el promedio y la desviación estándar para cada variable crítica en relación al proveedor. Estos datos son importantes debido a que así se determinará la variación para cada proveedor y se podrá saber quien es más asertivo. Un ejemplo de los datos se muestra a continuación en la tabla VII de mediciones.

Tabla VII Mediciones

<i>Variable</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación</i>	<i>% s/variable</i>	<i>Proveedor</i>	<i>Variación</i>
124	130	2.17	0.5462%	Proveedor 1	6
145	153	2.19	0.7211%	Proveedor 1	8
154	161	2.00	0.6861%	Proveedor 1	7
176	183	2.16	0.6140%	Proveedor 1	7
261	273	0	1.0336%	Proveedor 1	12
151	160	0	0.8563%	Proveedor 2	9
240	245	0	0.4386%	Proveedor 2	5
319	330	3.03	0.8903%	Proveedor 2	11
145	154	3.08	0.8902%	Proveedor 3	9
151	159	2.23	0.7459%	Proveedor 3	8
154	162	1.63	0.7620%	Proveedor 3	8
173	180	1.56	0.6244%	Proveedor 3	7
176	184	2.47	0.7273%	Proveedor 3	8
182	189	2.54	0.6607%	Proveedor 3	7
240	248	2.30	0.7226%	Proveedor 3	8
249	256	3.10	0.6310%	Proveedor 3	7
298	305	0	0.5843%	Proveedor 3	7
109	119	2.26	0.9677%	Proveedor 4	10
139	149	1.54	0.9625%	Proveedor 4	10
142	154	2.28	1.1196%	Proveedor 4	12
145	154	2.00	0.8699%	Proveedor 4	9
151	159	2.09	0.7903%	Proveedor 4	8
154	162	2.43	0.7536%	Proveedor 4	8
167	174	1.18	0.6560%	Proveedor 4	7
173	179	1.91	0.5902%	Proveedor 4	6
176	189	4.84	1.2027%	Proveedor 4	13
182	190	0	0.7394%	Proveedor 4	8
292	302	2.44	0.7970%	Proveedor 4	10

Continuación

151	159	12.49	1.0259%	Proveedor 5	8
209	225	17.65	1.4712%	Proveedor 5	16
249	261	6.38	0.9282%	Proveedor 5	12
261	266	5.92	0.4594%	Proveedor 5	5

Los valores mostrados en la tabla anterior, servirán para el análisis de la etapa siguiente.

4.4. Analizar

Al llegar a esta etapa en el desarrollo del proyecto, se cuenta con información del proceso la cual es necesario analizar. Ya sea la falta de información o la información en exceso puede llevar a una confusión para conocer a fondo el proceso.

Esta etapa puede compararse con un filtro en donde se tienen varias entradas, en este caso información que se ha obtenido en las etapas anteriores y por donde sale lo que realmente es importante y aporta valor al desarrollo del proyecto.

Un buen análisis es esencial para una buena implementación de mejora, que es la siguiente etapa en la metodología DMAIC.

El nivel del análisis es dependiente de la magnitud del proyecto. Existen muchas herramientas estadísticas que pueden servir para entender mejor la información, sin embargo la aplicación de estas está en función de la magnitud del proyecto, así como de la información con que se cuenta. Para la explicación práctica de esta etapa se utilizarán ejemplos de varios proyectos, esto con el fin de poder ejemplificar el máximo de herramientas estadísticas posibles.

Básicamente el análisis de un proyecto se desglosa de la siguiente manera:

4.4.1. Análisis de la información y el proceso.

En esta parte se debe analizar detalladamente el proceso y los datos que se obtuvieron en las etapas anteriores.

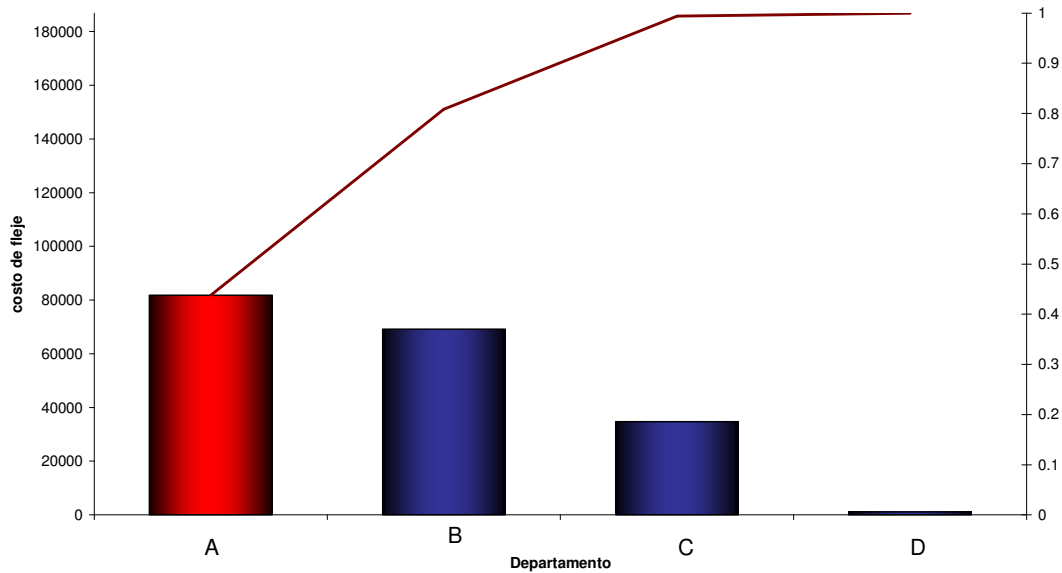
Al llegar a esta etapa es normal que se cuente con varias causas del problema, sin embargo el diagrama de Pareto es una herramienta muy útil para identificar las causas de mayor peso en el problema. Este diagrama de Pareto se hace en base al principio de Pareto que dice: “el 80 % de los efectos se debe al 20% de las causas”.

Ejemplo:

Se está desarrollando un proyecto para optimizar sistemas de fijación. Primero se hizo un estudio de que materiales de fijación eran factibles de cambiar.

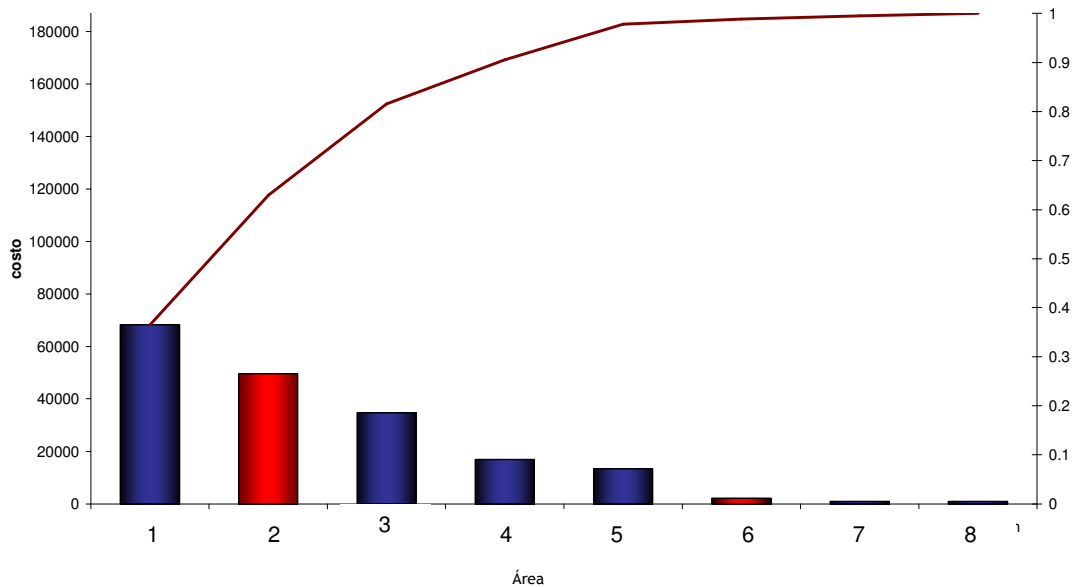
Después de que se decidió cual era el sistema de fijación en el que se efectuaría el cambio, se elaboró un diagrama Pareto para determinar los departamentos en donde era más significativo el gasto que se tenía. Este se muestra en la figura 15.

Figura 15 Diagrama de Pareto por departamento



El diagrama anterior demostró cuales eran los departamentos que más consumían este material de fijación, sin embargo fue necesario desglosar más la información para determinar cuales eran las áreas de trabajo en las que se utilizaba mayormente este material de fijación. Esto se realizó por medio de un diagrama de Pareto, el cual se muestra en la figura 16.

Figura 16 Diagrama Pareto por área



Con este diagrama de Pareto se logró determinar donde podría reducirse el consumo o sustituirse el material y de esta manera se procedió a implementar una mejora que produjo ahorros a la empresa.

Dependiendo del tipo de proyecto así serán las herramientas que se utilizarán para su análisis.

4.4.2. Análisis de las causas de los problemas.

Ahora que ya se conoce el proceso en un nivel amplio, se debe delimitar el análisis un poco más, para poder desglosar todos los factores que afectan el problema. Para esta herramienta se tomará como ejemplo el proyecto del área de ventas presentado en la etapa de definir. En esta ocasión se utilizará como herramienta un diagrama de Causa y Efecto el cual se muestra en la figura 17.

El efecto que se desea es la “**Rentabilidad del departamento**” y las causas son todas aquellas que contribuyen a esto.

Este diagrama de causa y efecto fue elaborado con la modalidad de clasificación de variables. Las causas se clasificaron en:

C = constante: son variables que afectan, pero que se han decidido dejar constantes para lograr el efecto deseado. En este caso el efecto o respuesta deseada es el aumento en la rentabilidad, y las variables que tienen una (c) a la par en el diagrama de causa y efecto de la figura 17 son las que se decidieron dejar constantes. Cada una de estas variables constantes cuenta con un procedimiento estándar como herramienta de control.

N = noise o ruido: se clasifican de esta forma las variables que aunque afecten la respuesta están fuera del alcance del proyecto. En la figura 17 se identifican con la letra n.

X = experimentales: son las variables con las que se experimentará con objeto de obtener la respuesta deseada. En la figura 17 se identifican con la letra (x).

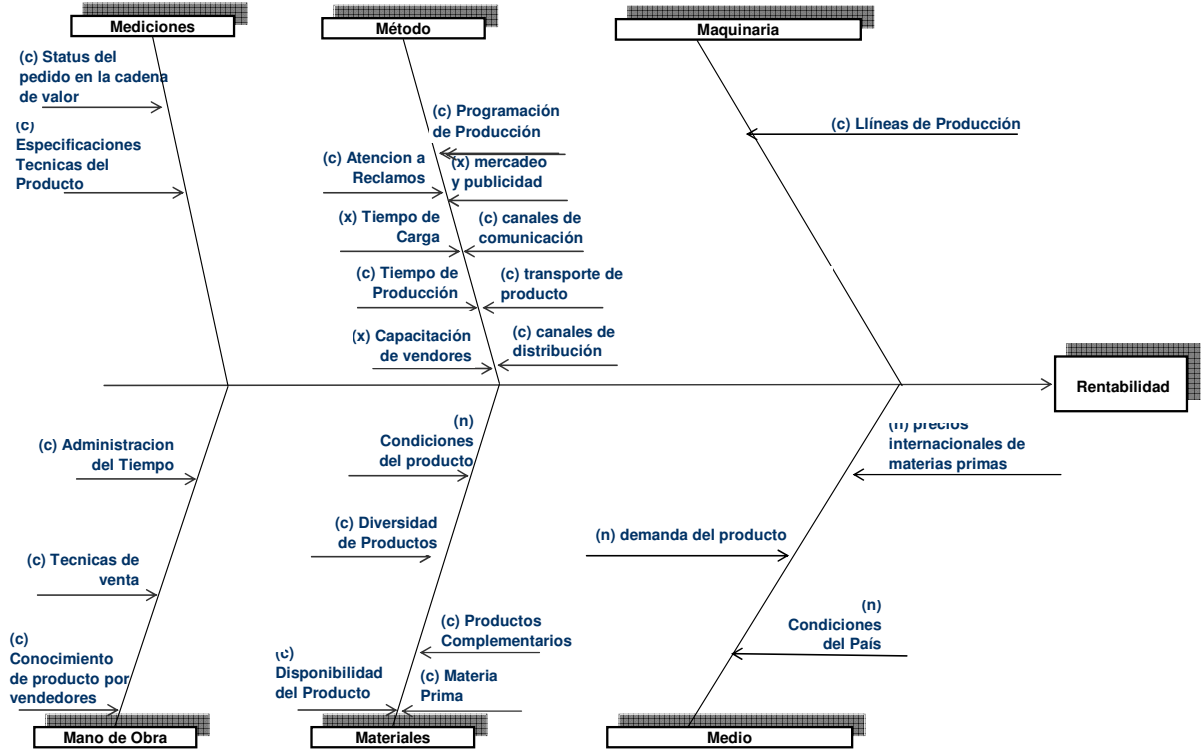


Figura 17 Diagrama de causa y efecto para la rentabilidad del área de ventas

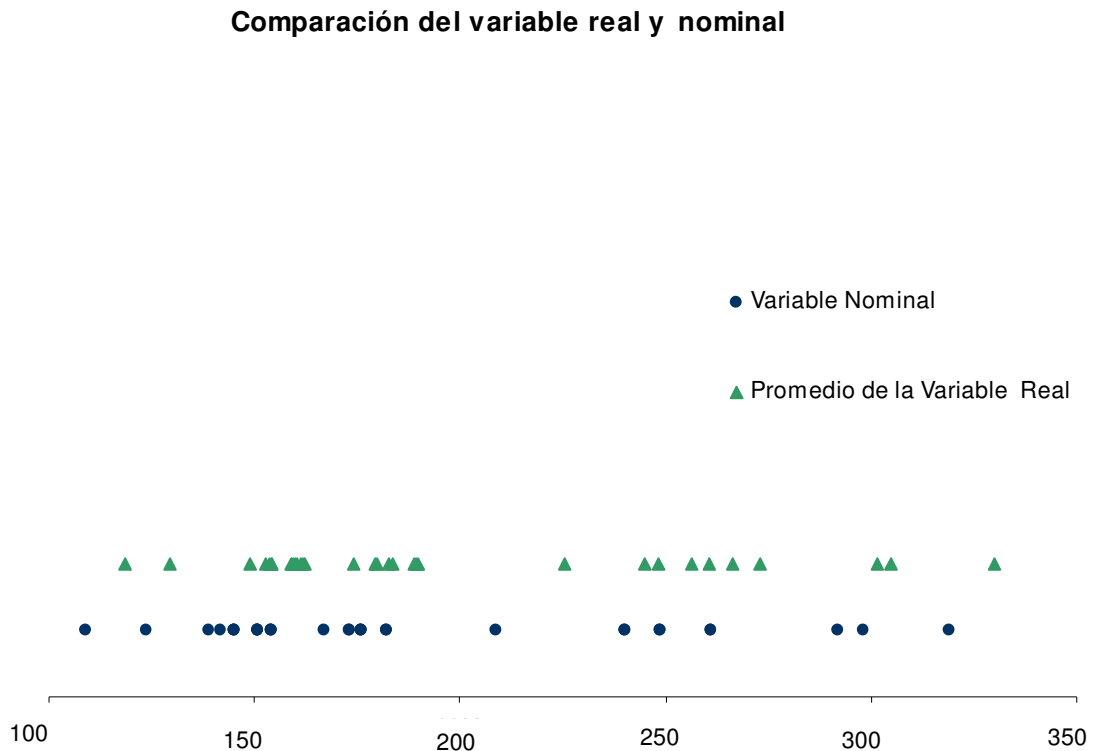
4.4.3. Identificación de las entradas clave del proceso.

En todos los procesos existen entradas claves, es decir, variables que afectan directamente al proceso. Estas variables a su vez pueden tener interrelación entre ellas. La importancia de identificarlas adecuadamente radica en que si estas tienen relación, entonces al afectar una se afectará la otra; por lo tanto, si se requiere que una de estas tenga un efecto, puede producirse mediante la afectación de la otra.

4.4.4. Relación entre las entradas y salidas del proceso.

En esta etapa puede ser de mucha utilidad saber como ha sido la relación de las variables que se están analizando; por ejemplo para el proyecto ***“Optimización de Materia Prima”*** se identificaron dos entradas claves, la variable nominal y la variable real. Determinar cual era la relación entre estas variables para este proyecto era muy importante. Para encontrar esta relación pueden utilizarse varias gráficas estadísticas, como lo son la gráficas de corrida, gráfica de correlación o la grafica de puntos ploteados que es la que se muestra en la figura 18 y muestra para el proyecto la relación existente entre estas variables para los proveedores, la cual era una diferencia sostenible.

Figura 18 Gráfica de tendencias



En base a la gráfica anterior, se logró determinar que por lo general la variable real era mayor que la variable nominal, lo cual sirvió de ayuda a la implementación de una mejora.

4.5. Implementar mejora

Después de haber analizado toda la información que se tiene, y se ha comprendido mejor el proceso, se puede entonces ^{Promedio de variable real} _n soluciones para mejorar el proceso.

Por su naturaleza esta etapa difiere en cada proyecto; sin embargo la metodología general que se sigue es la siguiente:

4.5.1. Soluciones propuestas.

En esta parte se deben identificar y probar las posibles soluciones al problema en base al análisis que se elaboró anteriormente.

Por ejemplo para el proyecto que se trato en la etapa de análisis con que se quería optimizar los sistemas de fijación se plantearon varias soluciones. La primera idea que surgió se basó en analizar las propiedades mecánicas del material de fijación y usar este mismo material con diferentes propiedades. Esa idea se consideraba bastante buena, y se creía que produciría ahorros; sin embargo, se siguió buscando más ideas hasta que se llegó a una solución óptima.

4.5.2. Seleccionar la mejor solución y pronosticar la mejora

Existen proyectos en donde resulta más simple encontrar la solución óptima y pronosticar la manera en que mejorará el proceso. Para el ejemplo que se planteo anteriormente de la optimización de materiales de fijación, se analizó una nueva posibilidad innovadora, que resulto ser la que se eligió al final del estudio, y fue renovar totalmente el material de fijación, el cual se conseguía a menores precios y cumplía la necesidad de fijar productos y materiales.

En casos como el anterior, el pronóstico de la mejora era simple ya que los gastos disminuirían en función del precio del nuevo material.

En los casos donde existen más de dos variables y existe correlación entre ellas se realiza un diseño de experimentos para determinar la combinación de estas variables que producirá el resultado óptimo. Con este diseño de experimentos se pronostica también la forma en que se obtendrá la mejora.

4.5.3. Implementar la solución

Existen proyectos cuya implementación es simple, sin embargo existen otros cuya solución involucra mayores riesgos y deben elaborarse pruebas o simulaciones para poder asegurar una correcta implementación.

Un ejemplo de esto se encuentra en un proyecto cuyo objetivo era optimizar otra de las materias primas de alto impacto. Para poder implementar la mejora con confianza, se realizaron pruebas piloto y un monitoreo estadístico de los resultados para determinar que el cambio en efecto funcionaba. Adicionalmente se realizaron pruebas de hipótesis para determinar si existía diferencia significativa entre las dos medias. Después de todos estos estudios la mejora se implementó y el proceso obtuvo una mejora significativa.

Un aspecto muy importante que no se puede dejar pasar cuando ya se tiene la mejora que se ha de implementar es la elaboración de los nuevos procedimientos para el proceso.

4.6. Controlar

Esta es la última etapa de la metodología DMAIC. En esta parte del proyecto lo que se hace es la elaboración de un plan para medir los ahorros del proyecto y mantener la mejora continua en el tiempo.

Además en esta etapa se deben comunicar los resultados que se obtuvieron a la organización y celebrar el éxito del proyecto con el equipo de trabajo.

4.6.1. Plan para definir ahorros

Como primer paso para esta etapa se debe seleccionar una línea base, es decir un conjunto de datos que se hayan obtenido antes del proyecto, con el fin de saber como se comportaban los gastos antes del proyecto y comparar al final los datos que se obtienen después del proyecto. El cálculo de la línea base únicamente es necesario hacerlo la primera vez que se miden los ahorros y debe ser de 6 a 12 meses atrás.

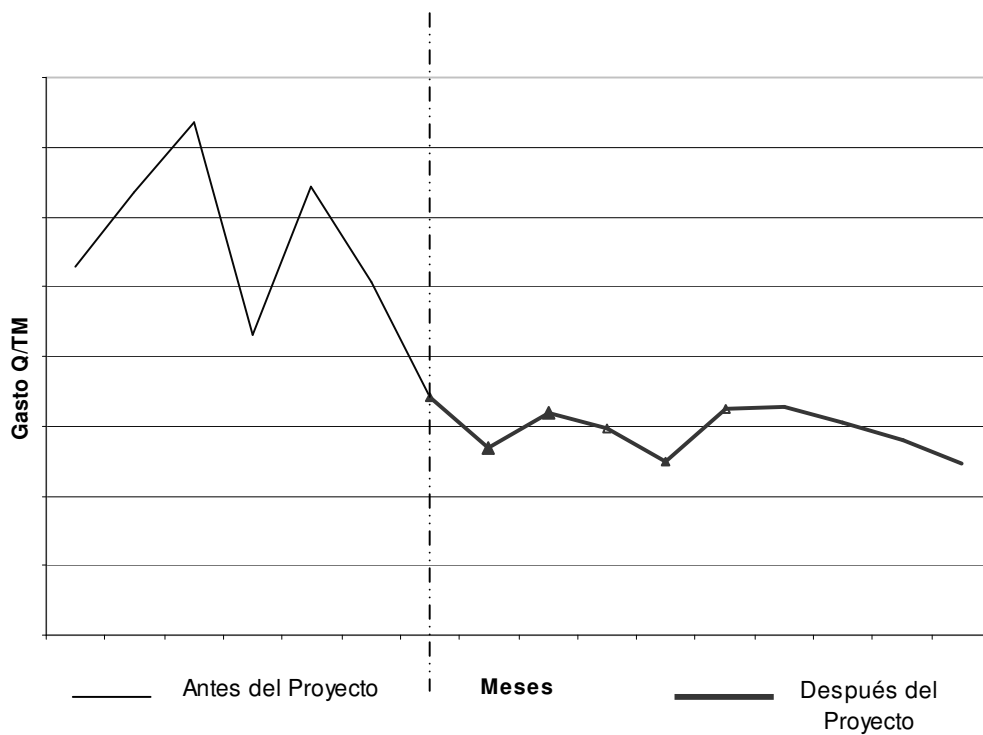
Para ejemplificar esta etapa se presentará la manera en que se determinó la medición de ahorros para el proyecto de ***“Optimización de sistemas de fijación”***.

Se tomo como línea base los seis meses anteriores a la elaboración del proyecto. Es muy importante no tomar como línea base ninguno de los meses durante los cuales se estaba realizando el proyecto, porque los resultados pueden verse afectados por un fenómeno que suele ocurrir cuando se empiezan a medir las cosas, ya que estas pueden mejorar debido al único hecho de medirlas. Además pueden estarse dando mejoras parciales al proceso y esto también puede afectar la línea base.

El ahorro se estableció por medio de la multiplicación del gasto promedio de la línea base y el volumen de producción, menos el gasto en los materiales de fijación.

Al final los costos por el material de fijación se disminuyeron en un 99%. A continuación, se muestra en la figura 19 el comportamiento de los gastos antes y después del ahorro. Puede observarse como disminuyeron los gastos después de implementada la mejora.

Figura 19 Gastos antes y después del proyecto



5. MEJORA CONTINUA

5.1. Análisis del cumplimiento de los objetivos.

En el momento en que se ha concluido el desarrollo del proyecto, se debe determinar si se llegó a la situación la cual sería considerada como el éxito del proyecto. Los proyectos de seis sigma se pueden volver a tomar y revisar al cabo de un tiempo, con el fin de determinar si la mejora aún se mantiene, si existió un cambio drástico en el proceso que afecte el proyecto, o si existen nuevas oportunidades de mejora en el proyecto.

5.1.1. Cronología del comportamiento del proceso

Se debe llevar un control de la manera como se comporta el proceso después de implementada la mejora.

Las herramientas estadísticas que pueden utilizarse en esta etapa pueden ser varias, entre estas están: los Gráficos de Control, los cuales proporcionan ayuda para revisar la variabilidad del proceso; las gráficas de corrida, las cuales muestran el comportamiento del proceso a través del tiempo, etc.

5.1.2. Diferencia entre el desempeño actual y los objetivos

De los resultados obtenidos al analizar la cronología del comportamiento del proceso se puede determinar el desempeño que tiene el proceso con el tiempo, y de esta manera establecer si existe una diferencia significativa con los objetivos para el mismo. Si existe esta diferencia, entonces se debe determinar la razón y la manera de corregirlo.

5.2. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Como se menciona anteriormente, el análisis de modo y efecto de falla, proporciona una gran ayuda para identificar, analizar, priorizar y documentar posibles modos de falla del proceso, sus consecuencias, así como los planes de contingencia.

Los principales componentes de un AMEF son:

- Descripción del proceso.
- Posibles modos de fallas
- Efectos potenciales y severidad del modo de falla
- Causas potenciales y probabilidad de ocurrencia
- Controles
- Prioridad de riesgo

A continuación se presenta un análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para el proceso de ***“Implementación y Aplicación de Seis Sigma en una Empresa”***.

La Ponderación para analizar el modo y efecto de falla se muestra en la tabla VIII y es la siguiente:

Tabla VIII Ponderación del análisis de modo y efecto de falla

	5 (Muy Malo)	4	3	2	1 (Bueno)
Severidad (SEV)	Severa Consecuencia de falla	Alta	Moderada Consecuencia de Falla	Baja	Ninguna Consecuencia de Falla
Ocurrencia (OCC)	Muy Alta probabilidad de que ocurra el modo de falla	Alta	Moderada probabilidad de que el modo de falla ocurra	Baja	Muy Baja la pobabilidad de que el modo de falla ocurra
Detección (DET)	Muy Alta probabilidad de NO detectar la falla antes de que esta afecte el proceso	Alta	Moderada probabilidad de NO detectar la falla antes de que esta afecte el proceso	Baja	Muy Baja probabilidad de NO detectar la falla antes de que esta afecte el proceso

En el AMEF que se presenta la prioridad de riesgo (RPN) es el producto de la severidad, la ocurrencia y la probabilidad de detección. Esta prioridad de riesgo tiene un papel importante en este análisis, debido a que indica el riesgo que se tienen en cada etapa del proceso

Tabla IX Análisis de modo y efecto de falla

PROCESO	POSIBLES FALLAS	EFFECTOS DE LA FALLA	S E V	POSIBLES CAUSAS	O C C	CONTROLES	D E T	R P N
Detectar la Necesidad de Mejora Continua	No saber como definir un plan claro para la mejora	No se lleva a cabo la mejora continua en la organización	5	Falta de conocimiento	5	Que la alta gerencia, sea quien impulse la mejora continua dentro de la organización	4	100
	La alta gerencia no esta conciente de la necesidad de mejora continua			Falta de Compromiso		Buscar asesoramiento externo		
Definición del Plan de Implementación	Mala Definición	No existe una buen plan para la implementación de Seis Sigma	5	No se invirtieron los recursos suficientes (tiempo, dinero, etc)	4	invertir suficientes recursos	5	100
				Falta de Conocimiento		Definición por las personas indicadas		
				No se definió por las personas indicadas		Buscar asesoramiento externo		
Contratación de Consultoría Externa	Elegir una consultoría externa inexperta y sin capacidad	No se tiene un buen asesoramiento	5	Se utilizarán malos criterios de selección	3	Definir las necesidades de consultoría	3	45
		Confusión a causa del mal asesoramiento						
		Retraso en el cumplimiento de los objetivos						
		Mala implementación de Seis Sigma en la organización		Bajo presupuesto		Invertir la cantidad suficiente		
Establecer la Infraestructura de Seis Sigma para la Empresa	Establecimiento de una infraestructura Deficiente	Los roles dentro de la infraestructura, no están bien definidos	4	La infraestructura planeada no esta dimensionada a la organización.	4	Crear una infraestructura especialmente para la organización	3	48
		Se establece una infraestructura desordenada y poco clara		No se establece una infraestructura sólida.		Crear una infraestructura clara y ordenada		
		Se dificulta alcanzar los objetivos						
Seleccionar empresa capacitadora	Elegir una empresa que no tenga la experiencia ni la capacidad necesarias acerca de Seis Sigma	Mal desarrollo de proyectos seis sigma	4	Se utilizarán malos criterios de selección	3	Definir los criterios de selección en base a la necesidad	3	36
		Lenta recuperación de la inversión						
		Retraso en el cumplimiento de los objetivos						
		Mala implementación de Seis Sigma en la organización		Bajo presupuesto		Invertir la cantidad suficiente		
Selección de Champions, Master Black Belts, Black Belts y Green Belts.	Selección de personal poco capaz para la realización de proyectos	Mal desarrollo de proyectos seis sigma	4	Se utilizarán malos criterios de selección	2	Definir los criterios de selección en base a la necesidad	3	24
		Baja generación de ahorros por los proyectos						
		Retraso en el cumplimiento de los objetivos						
		Mala implementación de Seis Sigma en la organización		Selección apresurada de los involucrados		Invertir la cantidad suficiente de tiempo		
Selección de Proyectos Seis Sigma	Mala selección de proyectos seis sigma	Selección de proyectos que no impactan a la organización	4	Poco conocimiento de la organización	2	Definir los criterios de selección en base a la organización	3	24
		Los proyectos no mejoran los procesos		Los proyectos no se seleccionan por las personas indicadas		Conocer la organización a fondo.		
		Lenta recuperación de la inversión		Se utilizarán malos criterios de selección				
		Selección de proyectos que no producen ahorros para la organización		Poco conocimiento de la organización				
		Desmotivación en la organización		No se utilizaron las herramientas para profundizar en las necesidades de la organización		Invertir la cantidad suficiente de tiempo		

5.2.1. Factores para mantener el proceso eficiente

Una vez se haya elaborado un análisis de modo y efecto de falla como el que se muestra en la tabla IX, se podrá realizar un análisis más completo de las posibles fallas y efectos en el proceso. Esto puede llevarse a cabo estableciendo acciones y planes específicos para cada una de las actividades del proceso para poder aplicar los controles establecidos anteriormente en el AMEF.

Puede que no aplique elaborar un plan detallado para todo el flujo del proceso, sin embargo lo importante es minimizar la probabilidad de que el proceso falle en alguna etapa y que esto tenga efectos lamentables. Se debe tener el proceso bajo control.

5.2.2. Factores que afectan la eficiencia del proceso

En base al análisis de modo y efecto de falla presentado en la tabla IX se puede observar que existen actividades en el proceso de implementación de seis sigma en una organización cuya prioridad de riesgo (RPN) es mayor que para otras. Se puede observar también que a medida que el flujo del proceso avanza este número es menor, esto se debe a que a medida que el proceso avanza se tienen más control de éste.

A pesar de que todas las actividades del proceso presentan una prioridad de riesgo, aquellas con un RPN mayor son las que potencialmente pueden afectar de una manera más grande la eficiencia del proceso.

CONCLUSIONES

1. Seis Sigma es una metodología utilizada para alcanzar la mejora continua en los procesos, disminuyendo costos ocultos o costos por mala calidad.
2. Por medio de la metodología de Seis Sigma, se consigue un mejor conocimiento de los procesos de la organización, se incrementa la satisfacción de los clientes, se incrementa la competitividad, se estandarizan técnicas y herramientas dentro de la organización, se consigue la mejora continua, se recuperan inversiones, etc.
3. El proceso de implementación de Seis Sigma en una organización comienza con la detección de la necesidad de mejora continua, a esto le sigue la definición del plan de implementación, el establecimiento de la estructura de Seis Sigma propiamente para la organización, la selección y capacitación de las personas que formarán parte del equipo de Seis Sigma y la Selección de los proyectos de mejora continúa. Durante todo este proceso podría necesitarse el asesoramiento y capacitación de expertos.
4. Con el propósito de ejemplificar de la mejor manera la metodología utilizada para el desarrollo de proyectos de Seis Sigma, fueron

seleccionados diferentes proyectos por etapa. Estos proyectos son de los procesos de ventas, optimización de materias primas y selección de materia prima.

5. En base a la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, implementar, controlar) utilizada en el desarrollo de la metodología Seis Sigma, se determinó la solución óptima para cada proceso. Para el caso del Proyecto relacionado con la selección de materia prima, se seleccionó de entre varias la mejor solución y se introdujo al proceso.

6. En la etapa de implementación de la metodología DMAIC, se introduce al proceso la solución encontrada en la fase anterior.

Para el caso del proyecto de selección de materia prima, fueron necesarias herramientas tales como pruebas de hipótesis, pruebas piloto, etc. Esto con el fin de asegurar la correcta implementación de la solución.

7. Los resultados de desarrollar un proyecto con Seis Sigma se analizan en la fase Controlar de la metodología DMAIC. Esta fase incluye la elaboración del plan para medir los ahorros de la mejora en base a una línea base (6 a 12 meses). Como resultado del proyecto de selección de materias primas, se obtuvo una reducción en los costos del 99%.

RECOMENDACIONES

Para la correcta implementación y aplicación de la metodología de mejora continua conocida como Seis Sigma, se recomienda:

1. Implementar un sistema de calidad dentro de la organización, el cual sirva como base para el sistema de mejora continua.
2. Un compromiso e interés de la Alta Gerencia en la mejora continua de la organización.
3. En el caso de no tener la experiencia y conocimiento necesario, buscar asesoramiento externo para implementar Seis Sigma dentro de la organización.
4. Desarrollar un plan detallado para la implementación de Seis Sigma dentro de la Organización, que cuente con objetivos claros y el respaldo de la Alta Gerencia.
5. Diseñar una estructura de Seis Sigma que se acople a las necesidades propias de la organización.

6. Seleccionar al equipo que integrará Seis Sigma dentro de la organización en base a criterios bien definidos.

7. Seleccionar proyectos de Seis Sigma en base a las necesidades de la organización y al conocimiento que se tenga de esta.

8. Invertir el tiempo y dinero necesarios para obtener un buen asesoramiento y capacitación.

BILBIOGRAFÍA

1. Kiemele, Mark J y otros. **Basic Statistics, Tools for Continuous Improvement.** Estados Unidos: Air Academy Press, 2000, págs 650.
2. Schmidt, Stephen R y otros. **Knowledge Based Management.** Estados Unidos: Air Academy Press, 1999, págs 195.
3. Air Academy Associates. **Six Sigma Project Knowledge NoteBook, Expert Volume 1.** Estados Unidos: Air Academy Press, págs 398.
4. Pat Forrad **Elementary Statistics** Estados Unidos: Mc Graw-Hill, págs 243.
5. www.airacademy.com **Six Sigma.** Enero 2005
6. www.isixsigma.com. **Management Of Six Sigma Deployments.** Diciembre 2004
7. www.ge.com **Experience with Six Sigma.** Diciembre 2004
8. www.aec.com **Seis Sigma.** Enero 2005
9. www.juran.com **Six Sigma.** Diciembre 2004
10. www.qualityamerica.com **Six Sigma.** Enero 2005

