



Universidad Autónoma de Querétaro  
 Facultad de Contaduría y Administración  
 Maestría en Administración

PROYECTO DE REDUCCIÓN DE COSTOS MEDIANTE EL SEIS SIGMA Y SU IMPACTO

FINANCIERO

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el diploma/grado de

Maestro en Administración

**Presenta:**

Ángel Johary Oliva Olivera

**Dirigido por:**

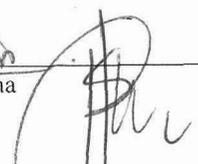
M.A. Rocio Edith Lopez Martinez

SINODALES

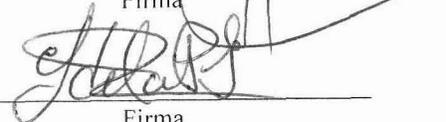
M.A. Rocio Edith López Martínez  
 Presidente

  
 Firma

M.A. Salvador Velázquez Caltzoncit  
 Secretario

  
 Firma

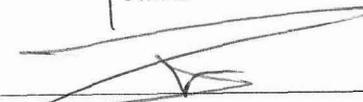
M.A. Ma. Lourdes Gabriela de la Parra Garrido  
 Vocal

  
 Firma

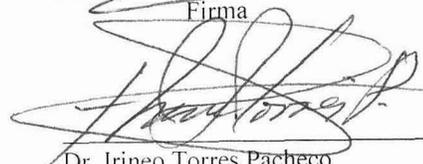
M.A. Juan Manuel Peña Aguilar  
 Suplente

  
 Firma

Dr. Alberto de Jesús Pastrana Palma  
 Suplente

  
 Firma

  
 Dr. Arturo Castañeda Olalde  
 Director de la Facultad de Contaduría y  
 Administración

  
 Dr. Irineo Torres Pacheco  
 Director de Investigación y  
 Posgrado

Centro Universitario  
 Querétaro, Qro.  
 Septiembre, 2013

México

## **RESUMEN**

El presente documento muestra un ejemplo de la metodología que el día de hoy las empresas globales utilizan con el fin de mejorar sus resultados operacionales y posicionarse competitiva y financieramente en el entorno económico; muestra como la filosofía de la mejora continua ha tomado mayor importancia y el porqué de esta tendencia reflejando el impacto de esta en la perspectiva financiera de la empresa. Se identifican áreas de oportunidad para así, mostrar paso a paso la manera de llevar la metodología Seis Sigma y la aplicación de la misma al producto específico dentro de un ambiente multidisciplinario en una empresa global líder en su ramo. Seis Sigma permite la solución de problemas utilizando datos estadísticos siguiendo una secuencia de pasos denominada DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) que ayudan a la obtención de una solución efectiva. El desempeño del proyecto se midió en base a los indicadores financieros del estado de resultados como lo son el Costo de Conversión, Margen Bruto e Ingreso Operativo Después de Impuestos. El área específica en la que se trabajó fue en una empresa global líder en su ramo proveedora de componentes complejos para motores y fuselajes para aeronaves junto con sistemas eléctricos y mecánicos la cual desarrolla y fabrica, entre otros, arneses de señal y control para la industria aeronáutica y del transporte. Se concluyó que el esfuerzo del proyecto fue documentado a detalle y demostró el exitoso desde un punto de vista operacional y financiero.

**(Palabras clave:** Seis Sigma, financiero, costos, DMAMC)

## **SUMMARY**

This document shows an example of the methodology applied by global companies nowadays with the intention of improving their operational results and to position competitively and financially within the economic environment. It shows how the philosophy of continuous improvement has taken a greater relevance and why this trend reflects its impact on the financial perspective of the company. Opportunities for improvement are identified in order to show step by step how to lead 6-sigma methodology and its application to a specific product within a multidisciplinary environment in a leading worldwide company. Six-Sigma makes problems solving possible by using statistic data following a sequence of steps named DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) which ease the development of an effective solution. The performance of the project was measured basing on the financial indexes of the income state such as Conversion Cost, Gross Profit Margin and Operational Income after Taxes. The specific area where this methodology was applied was a worldwide leader company on its field which supplies complex components for engines and fuselages for airships along with electric and mechanic systems, which develops and manufactures signal and control harnesses for the aeronautics and transportation industry. The conclusion is that the effort of the project was documented in detail and the success from the operational and financial point of view was demonstrated.

**(Key words: Six-Sigma, financial, costs, DMAIC)**

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Resumen	i
Summary	ii
Índice	iii
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES TEÓRICOS DEL PROYECTO DE MEJORA	4
2.1. Sistema de Producción Toyota	4
2.1.1. Manufactura Justo a Tiempo	4
2.1.2. Orígenes del Sistema de Producción Toyota	6
2.1.3. Objetivos del Sistema de Producción Toyota	7
2.2. Manufactura Esbelta	8
2.2.1. Principios del Pensamiento Esbelto	9
2.2.2. Objetivos de la Manufactura Esbelta	9
2.2.3. Herramientas de la Manufactura Esbelta	11
2.2.4. Evolución de la Manufactura Esbelta	13
2.3. Kaizen, la mejora continua y las finanzas	15
2.3.1. Definición de Kaizen	17
2.3.2. Ciclo Deming	19
2.3.3. ¿Cómo Influye el Kaizen en la Mejora?	20
2.4. Seis Sigma (DMAIC)	21
2.4.1. Los Seis Principios de Seis Sigma	23
2.4.2. Cálculo de la Sigma	24

2.4.3. Método de Resolución de Problemas (DMAIC)	31
2.4.4. Conceptos / Herramientas para Seis Sigma	35
2.5. Definición del producto/empresa	41
2.5.1. Arnéses para la Industria del Transporte	41
2.5.2. Proceso de Manufactura para Arnéses	43
2.5.3. Desarrollo de Nuevos Productos	44
2.5.4. Ciclo de Vida del Producto	49
2.5.5. Empresa Global	50
2.6. Estrategias en el Proceso de Ingeniería de Diseño	52
2.6.1. Reducción mediante la Efectividad Operacional	54
2.6.2. Reducción de Costos Mediante Materiales	57
2.6.3. Reducción de Mano de Obra / Procesos	58
2.7. Definiciones Financieras	58
2.7.1. Los Estados Financieros	59
2.7.2. Indicadores Financieros o Razones Financieras	63
2.7.3. Costo de Conversión	63
2.7.4. Costos Fijos	64
2.7.5. Costos Variables	64
2.7.6. Margen Bruto	64
3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN	65
3.1. ¿Por qué Invertir Recursos para la Reducción de Costos en el Producto?	65
3.2. Objetivo General	66
3.3. Variables del Proyecto	66
3.4. Herramientas para Obtener y Evaluar los Ahorros	68
3.5. Alcance y Tipo de Investigación	68

4. ANÁLISIS FINANCIERO DEL CASO	70
4.1. Descripción del proyecto	70
4.1.1. Fase Definir	71
4.1.2. Fase Medir	78
4.1.3. Fase Analizar	81
4.1.4. Fase Mejorar	84
4.1.5. Fase Controlar	89
4.1.6. Implementación al Proyecto de Arnese	92
4.1.7. Conclusiones del proyecto Seis Sigma	94
4.2. Características de la Empresa	95
4.3. Aplicación del Modelo	97
4.4. Modelo Financiero para Evaluar el Costo de Conversión	98
4.5. Modelo Financiero para Evaluar el Estado de Resultados	101
4.6. Implicaciones Financieras de la Implementación de la Mejora	106
5. RESULTADOS, APORTACIONES Y RECOMENDACIONES	108
5.1. Generalidades	108
5.2. Impacto en Métricos Financieros	108
5.2.1. Impacto Financiero de la mejora en el Costo de Conversión	108
5.2.2. Impacto Financiero de la Mejora en Margen Bruto	110
5.2.3. Impacto Financiero de la Mejora en el Ingreso Operativo Después de Impuestos	111
5.2.4. Impacto Financiero de la Mejora en los Costos del Conjunto de Arnese	111
5.3. Resultados del Impacto Financiero	112
5.4. Aportaciones	113
5.5. Recomendaciones	114

CONCLUSIONES	115
REFERENCIAS	117

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
2.1	Causas de la Variación de los Procesos	28
4.1	Herramientas utilizadas en el proyecto Seis Sigma	71
4.2	Estimación de ahorros inicial	74
4.3	Resumen de Ahorros	74
4.4	Matriz de Decisión de las Posibles Soluciones	87
4.5	Plantilla Pre-llenada de Análisis de Costos para Arnesees	88
4.6	Plan de Control	92
4.7	Análisis Financiero (Análisis de Costos y Pesos)	94
4.8	Estimación de Ahorros Final	95
4.9	Modelo Financiero sin Mejoras Implementadas	99
4.10	Modelo Financiero con Mejoras Implementadas	100
4.11	Estado de Resultados sin Mejoras Implementadas	102
4.12	Estado de Resultados con Mejoras Implementadas (Opción 1)	104
4.13	Estado de Resultados con Mejoras Implementadas (Opción 2)	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
2.1 Sistema de Producción Lean	8
2.2 Representación del Ciclo Deming	20
2.3 Definición de Seis Sigma	25
2.4 Fuentes de Variación	27
2.5 Gráficos de Control de Procesos	29
2.6 Proceso de Diseño para Manufacturabilidad	37
2.7 Tabla y Diagrama de Pareto	39
2.8 Diagrama Espina de Pescado	40
2.9 Arnés eléctrico	42
2.10 Etapa del Ciclo del Producto	49
2.11 Modelo del Sistema ERP	52
4.1 Pronostico de Ventas	72
4.2 Árbol de Desglose del Producto/Proceso	76
4.3 Mapeo del Proceso	77
4.4 QFD y Análisis de Pareto	78
4.5 Reporte de Costos	80
4.6 Análisis de Atributos Repetividad y Reproducibilidad	81
4.7 Capacidades del Proceso Actual	83
4.8 Análisis de Causa y Efecto – Fuentes de Variación	84
4.9 Diagrama Causa y Efecto- Causas Potenciales	86
4.10 Tolerancias Operacionales	89
4.11 Capacidades del Proceso Nuevo	91
4.12 Etapa del Proyecto de Estudio	93

5.1	Resultados del Costo de Conversión	109
5.2	Resultados del Margen Bruto	112
5.3	Comportamiento de Costo del Producto	116

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las empresas multinacionales hoy en día buscan mejorar su competitividad de diversas formas, esto con la intención de ofrecer mejores y más baratos productos y/o servicios en el entorno tan competido y en cualquier ámbito; la mejora de la competitividad se logra mediante una variedad de herramientas de diferentes tipos y especialidades, desde herramientas y/o técnicas mercadológicas, de calidad e ingenieriles. Cualquiera de las herramientas que sea usada tiene como objetivo el hacer más atractivo y/o competitivo el producto formando equipos multifuncionales uniéndose todas y cada una de las diferentes áreas de la misma, esto un mismo objetivo; mejorar el producto o servicio.

La influencia en las estrategias operacionales de la industria manufacturera ha sido influenciadas por aquellos métodos y filosofías como el desarrollados exitosamente sobre todo en la industria automotriz, tal es el caso de Toyota que con su TPS (Sistema de Producción Toyota) marca el camino para empresas del ramo no sólo automotriz, alineando los objetivos operacionales a la mejora continua y así obtener una posición competitiva de clase mundial a través del mejoramiento de los indicadores clave de desempeño y específicamente en aspectos netamente financieros.

Los procesos de mejora continua dentro de las industrias manufactureras buscan impactar directamente el costo del producto haciendo este más competitivo dentro del mercado donde este se encuentra y/o buscando incrementar el margen que se obtiene por la venta del producto mismo, así la metodología de Seis Sigma va encaminada a la búsqueda del estado ideal (disminución de variación) mediante las diversas herramientas de las que ésta hace uso de, dando como resultado el mejoramiento de los procesos productivos.

La finalidad del proyecto descrito en esta investigación es demostrar el impacto financiero que el uso de la metodología Seis Sigma tiene en una empresa maquiladora del ramo aeronáutico mediante la reducción de costos identificado mediante una oportunidad específica.

Para el logro de este objetivo se hace uso de los conceptos y métodos del Capítulo 2, en donde se nombran las diferentes metodologías utilizadas para la mejora de la productividad, como lo es el Sistema de Producción Toyota y sus orígenes, la Manufactura esbelta así como la relación entre el Kaizen y las Finanzas, la metodología Seis Sigma, su finalidad y objetivos, los principios y pasos que esta contempla para su ejecución y solución de problemas (DMAIC). Al haber identificado una oportunidad específica, también se explican las implicaciones teóricas de la misma, poniendo el trasfondo que el lector necesita saber para el entendimiento y planteamiento de la investigación aquí descrita, definiendo el producto y el tipo de empresa a la que será aplicada la metodología Seis Sigma así como las consideraciones que deben de hacerse para efectos de esta investigación. Muestra también los conceptos y las diferentes maneras de hacer uso de las herramientas del Seis Sigma aplicadas al producto específico, ya sea por medio de los materiales, procesos o la mano de obra del mismo. Finalmente describe las herramientas financieras en donde estos ahorros se ven reflejados, así como los conceptos para la toma de decisiones de un proyecto.

Durante el Capítulo 3 se detalla la problemática a resolver en el desarrollo de la presente investigación, se define el alcance así como los objetivos y las variables que se consideran dentro de la misma. También se definen las variables de decisión a considerar para así obtener los resultados del proyecto de productividad.

Durante el capítulo 4 se desarrolla el proyecto de Seis Sigma a detalle, se demuestra como técnicamente se desarrolla la metodología DMAIC paso a paso para así lograr el objetivo propuesto por esta investigación y así demostrar los beneficios tangibles financieramente de cómo esta beneficia financieramente a la empresa y justifica las mejoras propuestas. Además de la metodología Seis Sigma aplicada, se muestran los modelos financieros y como los ahorros que se ven reflejados en los estados financieros; también se describen las variables financieras de decisión empleadas para la aceptación o rechazo del proyecto durante la etapa inicial del mismo.

En el Capítulo 5 se presentan los resultados, recomendaciones y aportaciones mediante los gráficos comparativos tratando de presentar un antes y un después del proyecto Seis Sigma aplicado.

Finalmente se presentan las conclusiones del caso basadas en el impacto financiero del proyecto y se dictamina la viabilidad de los resultados que son satisfactorios pues las mejoras implementadas se ven reflejadas en el incremento del rendimiento de los indicadores financieros de la compañía.

## **2. ANTECEDENTES TEÓRICOS DEL PROYECTO DE MEJORA**

En este capítulo se dan a conocer los términos, metodologías, conceptos y variables del entorno correspondientes a la investigación aquí descrita; busca situar al lector en el entorno correspondiente con la finalidad que los términos y conceptos que esta investigación va a cubrir sean comprendidos para los capítulos futuros aquí descritos.

### **2.1. Sistema de Producción Toyota**

El sistema de producción Toyota comienza cuando se dan cuenta de que el exceso de producción aumenta los costos de improductividad, esto fue después de la crisis del petróleo, de ahí otros como son mano de obra en exceso, almacén de productos, trabajo sin valor agregado, etc. De ahí se comienza con el JIT (*Just in Time* por sus siglas en inglés) y la automatización, los dos pilares del sistema de producción Toyota. Y el Kanban que es una herramienta del justo a tiempo.

Taiichi habla de cómo hacer que este sistema se puede perfeccionar y que es desde trabajar en equipo con las compañías asociadas y hacer que adopten este sistema. Se define ingeniería industrial de acuerdo al sistema, así como lo que es la improductividad. Dice porque es importante el trabajo en equipo, y que es el sistema nervioso de producción, etc. Se refiere mucho a los pilares de este sistema. Y habla de lo que es el sistema Ford, y la diferencia entre el sistema Toyota (TaiichiOhno, 1995).

#### **2.1.1. Manufactura Justo a Tiempo**

Justo a Tiempo (JIT por sus siglas en inglés) es una técnica desarrollada por la empresa japonesa Toyota y que ha sido aplicada en muchas otras empresas a lo largo del mundo. TaiichiOhno fue el ideólogo que propuso modificar los esquemas de producción

existentes tomando como base la idea de que la sobreproducción genera desperdicios en otras áreas, a partir de lo cual propuso su esquema.

Las principales características que rigen esta técnica son (Edward Hay, 1994):

- Reduce inventarios, tiempo y costos de producción
- Mejora la calidad de productos y servicios
- Establece una línea automática e inteligente cliente-proveedor considerando los procesos con el producto pre-programados
- Se produce justo a tiempo para que se venda o se utilice en la siguiente estación de trabajo
- Reducir al mínimo el inventario

Como lo describe Ishikawa (1988), esta visión de la reducción de inventarios no tiene que ser vista de forma limitativa, también se puede aplicar sobre la reducción del tiempo, dinero, trabajo y esfuerzo. Otro aspecto importante, es que JIT requiere de la utilización de otras técnicas y filosofías del desarrollo organizacional, ya que no puede ser conceptualizada por sí misma como la respuesta única a la solución de costos en las organizaciones. Además acentuó que este manejo de la información acerca de los tiempos de flujo en las estaciones, se presenta mediante la utilización de una orientación de jalar (*Pull*) en la que las referencias acerca de cómo producir proviene del precedente. Esto representa empezar desde el fin basándose en las necesidades e ir hacia toda la cadena productiva inyectando proveedores y vendedores. Gracias a esto, se evita el producir de manera innecesaria. JIT utiliza para este proceso de peticiones precedentes, un sistema de información llamado KANBAN que consiste en una tarjeta en la que se

registra la petición a otra estación. Este sistema permite observar de manera sencilla las pérdidas de tiempo o de material.

Otro elemento importante que considera JIT es el de agregar valor, por lo que también el sistema permite identificar y eliminar aquellos elementos tanto procedimentales como materiales que no agreguen valor al producto o servicio. Para esto, se lleva a cabo la aplicación de exámenes en cada etapa que permite encontrar actuaciones precisas a generar problemas por lo que deben ser eliminados.

A partir de lo mencionado con anterioridad, es posible establecer los dos siguientes objetivos principales del JIT como siguen:

- Identificar y eliminar las pausas en el proceso
- Todo lo que se requiere en el momento, no debe ser producido

### ***2.1.2. Orígenes del Sistema de Producción Toyota***

Primer Vicepresidente de Toyota Motor Corporation, a quien se reconoce la autoría del Sistema Toyota, corresponde este sistema al esfuerzo japonés para competir en la industria del automóvil después de la Segunda Guerra Mundial, y sin contar con la ayuda de fondos. Presenta como rasgo fundamental el énfasis en los efectos prácticos. Si en el Japón resulta difícil para la gente de otras compañías entender nuestro sistema, menos posible aún resultará que los extranjeros puedan entenderlo.

En 1930, el fundador Kiichiro Toyoda, formuló dos preguntas cuya respuesta expresa la filosofía de Toyota.

- ¿Qué pasaría si un fabricante se impusiera el objetivo de lograr que sus productos tuvieran cero defectos?

- ¿Qué pasaría si sus empleados adoptaran como un propósito de superación personal la fabricación con cero defectos?

En 1950, su hijo, Eiji Toyota, junto con su genio de producción Taiichi Ohno, tomaron esa filosofía y la transformaron en un hecho real. Estudiaron los métodos de producción en masa, discurrieron formas de mejorarlo y revolucionaron el mundo de la manufactura, al desarrollar el Toyota Production System (Taiichi Ohno, 1995).

### ***2.1.3. Objetivos del Sistema de Producción Toyota***

La meta del sistema es eliminar los desperdicios. El sistema distingue siete tipos de desperdicio:

- Defectos
- Exceso de producción
- Transporte
- Esperas
- Inventarios
- Movimiento
- Procesos innecesarios

El sistema de producción Toyota busca eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción, utilizado para alcanzar reducciones de costos, cumpliendo con las necesidades de los clientes a los costos más bajos posibles. Este sistema de operaciones es un ejemplo clásico de la filosofía Kaizen (o mejora continua) de mejora de la productividad. Muchos de sus métodos han sido copiados por otras empresas, y ahora el sistema se conoce también como Manufactura Esbelta. En la Figura 2.1 se muestra un ejemplo de un sistema de producción basado en el TPS (Ohno, 1995).

**Figura 2.1.** Sistema de Producción Lean



Fuente: Toyota Production System: Beyond Large-scale Production (Ohno, 1995, s.p.).

## 2.2. Manufactura Esbelta

Nació en Japón inspirado en los principios del Dr. William Edwards Deming. Hoy, 100% de estas plantas operan bajo alguna forma de este sistema, es la única alternativa inteligente para permanecer dentro de la actividad.

Sus bases son:

- Aceptación de cambios
- Eliminación planteada de todo tipo de desperdicios
- Respeto por el trabajador
- Mejora constante de la productividad de calidad

Se define como un conjunto de herramientas para eliminar operaciones que no agreguen valor al producto, servicio y/o a los proceso. Aumentando el valor de cada actividad realizada, y eliminando lo que no se requiere. Reduce desperdicios y mejora las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador (Hall, 1983).

### ***2.2.1. Principios del Pensamiento Esbelto***

De acuerdo con Hall (1983), los cinco principios del pensamiento esbelto son:

Define el valor desde el punto de vista del cliente, la mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.

Identifica la corriente de valor, eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.

Crea flujo, Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.

Producir el jale del cliente, una vez hecho el flujo, ser capaz de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo

Perseguir la perfección, una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

### ***2.2.2. Objetivos de la Manufactura Esbelta***

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las empresas reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Proporciona a las empresas herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida.

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crea sistemas de producción más robustos.

- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad

### *Beneficios*

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados.

Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de 50% en costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción del tiempo de entrega (lead time)
- Mejor Calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo
- Disminución de los desperdicios
- Sobreproducción
- Tiempo de espera (los retrasos)
- Transporte
- El proceso
- Inventarios
- Movimientos
- Mala calidad

(Hall, 1983)

### ***2.2.3. Herramientas de la Manufactura Esbelta***

#### *Las cinco S*

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo.

Las cinco S provienen de términos japoneses que diariamente son puestos en práctica en la vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa" ajena.

Las cinco S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: Seiri
- Ordenar: Seiton
- Limpieza: Seiso
- Estandarizar: Seiketsu
- Disciplina: Shitsuke

Cuando el entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce.

El objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados (Hall, 1983).

#### *Enfoque de calidad total*

Juran y Blanton (2001) consideran que es muy importante que dentro de los diversos niveles de la organización haya una cultura de calidad total con un enfoque de creación

de valor para el cliente al otorgándole productos que satisfagan sus expectativas y siempre trabajando en la reducción de costos. Con este enfoque todo el personal debe tener la capacidad y el criterio de parar los procesos si se detectan defectos, investigar, determinar y atacar la causa raíz, no basta solo con reportar una problemática sino se considera más proactivo el proponer una solución.

#### *Control de calidad cero*

La calidad es siempre un concepto complicado y no solo se aplica a un producto final, sino a cada condición, operación o acción. Tradicionalmente, la inspección era la manera de impedir que un producto defectuoso saliera de la planta.

Hoy, “Jidoka” es el verdadero concepto de calidad. Jidoka significa “Control Autónomo” es lo que se entiende como calidad de origen. Esto se logra cuando se crean ideas para impedir que el producto se salga de especificaciones.

“PokaYoke” significa a prueba de errores. La previsión detiene las pérdidas antes de que ocurran.

Las especificaciones deben de ser claras y bien conocidas por todo cualquiera que sea la posición. Es frecuente que la gente que está en constante contacto con los materiales sepa muy bien cómo detectar errores y defectos y por lo tanto puede ayudar a crear medidas “pokayoke” o a prueba de errores (Hall, 1983).

#### *Celdas de manufactura*

Para reducir los tiempos de proceso y uso de recursos, se trata de realizar las operaciones Justo a Tiempo (Just in Time), para lo cual es necesario cambiar la disposición tradicional de máquinas similares agrupadas en departamentos de procesos a celdas de manufactura en forma de U integrando las maquinarias, personal con múltiples,

habilidades, herramientas, refacciones, materiales, componentes y facilidades necesarias para fabricar una familia de productos por celda a través de la tecnología por grupo.

#### *La estandarización de operaciones*

Trata de minimizar el número de trabajadores, balanceando las operaciones en la línea. Asegurando que cada operación requiera del mismo tiempo para producir una unidad. El trabajador tiene una rutina de operación estándar y mantiene un inventario en constante en proceso.

#### *El mejoramiento*

El mejoramiento de las actividades las cuales están enfocadas a la reducción de costos, aumenta productividad, reducir la fuerza de trabajo, incremento la moral de los empleados. Este perfeccionamiento se realiza a través de equipos de trabajo y sistemas de sugerencias.

#### **2.2.4. Evolución de la Manufactura Esbelta**

El pensamiento Lean o Lean Enterprise es la evolución lógica de Lean Manufacturing, es decir, es la aplicación de los principios del Sistema de Producción Toyota a una empresa vista de manera integral, trátase de una compañía manufacturera, comercial o de servicios de cualquier naturaleza. Una empresa administrada bajo la filosofía de Empresa Esbelta puede lograr beneficios tales como:

- Reducir la cadena de desperdicios dramáticamente
- Reducir costos de producción
- Reducir inventario y el espacio en el piso de producción, almacenaje y puntos de venta
- Crea sistemas de producción más robustos

- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejora la distribución de plantas para aumentar la flexibilidad
- Reduce el tiempo de entrega (lead time.)
- Mejora la calidad
- Optimiza la mano de obra
- Garantiza mayor eficiencia de equipo
- Minimiza tiempos de espera (los retrasos)

Frente a este panorama, la implantación de los conceptos del pensamiento Lean Manufacturing o Lean Enterprise, es una alternativa altamente factible para los grandes fabricantes transnacionales.

Los principios de Lean Enterprise son viables para la gestión de una empresa donde el desperdicio es constante en cada una de las actividades cotidianas.

El pensamiento Lean ofrece una completa y real alternativa para los profesionales, empresas, organismos, instituciones y naciones de implementar hacia su interior una filosofía-cultura enfocada a mejorar su posición competitiva, lograr alta eficiencia, disminución de desperdicios y mejora continua. Sin lugar a dudas, una aproximación al pensamiento Lean es una posibilidad y/o el camino hacia las Empresas y Naciones Esbeltas, donde se dé un mejor aprovechamiento y administración de los recursos financieros, materiales y humanos, y se haga uso, al igual que en la Manufactura Esbelta, todas las herramientas de producción existentes hoy en día como pueden ser cinco S, Teoría de Restricciones, Kanban, Just in Time, Certificación ISO de Calidad, Mantenimiento Productivo Total (TPM), Producción Nivelada (Heijunka), Verificación de Proceso (Jidoka), Dispositivos para prevenir errores (PokaYoke) , Mejora

continúa(Kaizen), que se integran en la nueva forma de pensamiento empresarial diferente, al ser parte de un concepto global como es el caso de Enterprise(Mora, 2008).

### **2.3. Kaizen, la mejora continua y las finanzas**

En primer lugar se deben mencionar los factores que tienden, en mayor medida, a disminuir la rentabilidad y liquidez de las empresas.

- Excesivos niveles de inventarios de insumos, productos en proceso y productos terminados. Estos generan menor liquidez, altos costos financieros, de mantenimiento, seguros, obsolescencia, y espacio físico
- Ciclos totales, desde el pago de los insumos al cobro de los productos o servicios vendidos, largos
- Exceso de activos, que generan una menor rotación y un mayor costo de oportunidad
- Elevados costos de producción, administración y comercialización. El total de los costos tienden a absorber la mayor parte de los ingresos por ventas
- En cuanto al exceso de inventarios, están generados por errores en las proyecciones y/o predicciones de las ventas, otros motivos importantes están dados por la escasa confiabilidad de los proveedores, los cuellos de botella en el proceso productivo, los largos tiempos para las preparaciones o cambio de herramientas, los tiempos improductivos debido a las averías, las fallas en la calidad y el diseño de layout

De tal forma la aplicación de los siguientes sistemas y métodos Kaizen contribuyen a eliminar las causas en el exceso de inventarios.

- Aplicación de sistemas basados en las estadísticas y probabilidades para el cálculo de las proyecciones

- Alianzas estratégicas y de cooperación con los proveedores que aseguren tiempos de entregas cortos, confiabilidad en cuanto a la calidad, cantidad y entrega en término
- La implementación del Mantenimiento Productivo Total, lo cual contribuye tanto a disminuir la cantidad y extensión de las reparaciones por averías, sino que evita problemas de calidad y seguridad en la producción de bienes y prestación de servicios
- La Gestión Total de Calidad combinado con el Sistema Seis Sigma lleva a las empresas en la búsqueda de los niveles de defectos por millones de oportunidades. Al incrementarse la calidad no son necesarios inventarios de seguridad para hacer frente a fallas en la producción
- La mejora en el layout, pasando de la organización por procesos o funcional, a la enfocada en el producto, con alta preponderancia de la organización de células de trabajo en “U”
- En lo referente a los largos ciclos de negocios, éstos pueden ser reducidos al aplicar el sistema de producción Just in Time, con especial atención a la correcta utilización del kanban

Al trabajar sobre la base de la demanda del mercado tiende a aligerarse los tiempos de respuesta, disminuyendo los inventarios y demandando insumos a los proveedores en la medida en que ellos son necesarios para satisfacer a los clientes y consumidores.

La reducción de los activos se consigue tanto disminuyendo el tamaño de los inventarios, lo cual de por sí genera automáticamente la disminución de espacio físico y otros activos vinculados con la tenencia y administración de los inventarios.

Otra forma de eliminar activos innecesarios es mediante la evaluación sistemática de las distintas actividades y sus correspondientes valores agregados. Al proceder de tal forma se eliminan las actividades no generadoras de valor agregado, reduciendo consecuentemente los activos que le sirven de apoyo.

La eliminación sistemática de los diversos tipos de mudas (desperdicios) permite, curva de experiencia mediante, la obtención de costos competitivos de manera consistente.

La suma de menores costos y una mayor calidad permiten ofrecer a los consumidores y usuarios productos y servicios de un mayor valor, generando de tal forma mayor número de clientes y una más alta repetición de ventas a los mismos.

Así se tiene que al mismo tiempo que se incrementan los ingresos, los costos se ven reducidos, disminuyendo la posesión de activos e incrementándose los niveles de rotación de los mismos.

El efecto es claro, un mayor flujo de fondos, generador el mismo de un valor presente de la empresa más alto para sus propietarios e inversionistas. En la medida que el flujo se acrecienta y la liquidez aumenta, los riesgos financieros decrecen, con lo cual el costo por financiación se reduce en gran medida. Una empresa con gran rentabilidad es siempre bien vista por los banqueros e inversionistas (Masaaki, 1998).

### ***2.3.1. Definición de Kaizen***

¿Qué significado tiene la palabra kaizen? Es una palabra japonesa compuesta por otras dos palabras, una KAI que significa cambio y la otra ZEN que significa bueno, lo que implica que KAIZEN signifique cambio para mejorar y, como dicho cambio para

mejorar es algo que continuamente debe buscarse y realizarse el significado termina siendo mejora continua.

Kaizen es una filosofía que engloba todas las actitudes del negocio. La estrategia Kaizen ha sido llamada el concepto independiente de mayor importancia en la administración –la llave del éxito competitivo japonés. A menudo, la mejora de la calidad en Occidente ha sido considerada simplemente como llevar a cabo mejoras en la calidad de producción, en la filosofía Kaizen, mejoras en todas las áreas de negocios – costo, cumplimiento de programas de entrega, seguridad y desarrollo de habilidades de los empleados, relación con proveedores, desarrollo de nuevos productos o productividad- que sirven para mejorar la calidad de la empresa. Por tanto, cualquier actividad dirigida hacia la mejora entra bajo la sombrilla de Kaizen.

En comparación con la búsqueda de la mejora a través de cambios tecnológicos radicales, Kaizen se enfoca en mejorar pequeñas, graduales y frecuentes, a largo plazo. La inversión financiera es mínima. Todas participan en el proceso; de los conocimientos y experiencias de los trabajadores resultan muchas mejoras.

La primera y más importante preocupación de la filosofía kaizen es la calidad de las personas. Si se mejora la calidad de las personas, entonces venderá la calidad de los productos. Al incluir el Kaizen en las personas y al capacitarlas en las herramientas básicas de la mejora de la calidad, los trabajadores pueden incorporar esa filosofía a su trabajo y buscar continuamente mejorar sus puestos. Este procedimiento orientado a procesos hacia la mejora, propicia una comunicación constante entre trabajadores y gerentes.

La filosofía Kaizen ha sido ampliamente adoptada y utilizada por muchas empresas en Estados Unidos y en todo el mundo. Los proyectos Kaizen han resultado en un incremento de 48% en productividad, en reducción de 30% en el tiempo del ciclo y en una reducción de 73% en inventarios (Williams, 2000).

### **2.3.2. Ciclo Deming**

Deming (1989) introdujo el Ciclo Deming, una de las herramientas vitales para asegurar el mejoramiento continuo, destacó la importancia de la constante interacción entre investigación, diseño, producción y ventas en la conducción de los negocios de la compañía. Para llegar a una mejor calidad que satisfaga a los clientes, deben recorrerse constantemente las cuatro etapas, con la calidad como criterio máximo.

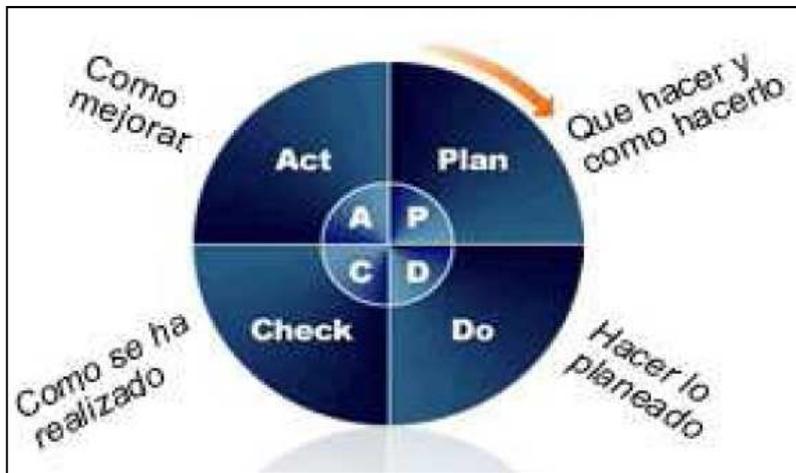
Una secuencia usualmente conocida de mejora continua, es el modelo nombrado como Ciclo Deming o Ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA). A veces el modelo se conoce como PDSA, donde la S es de Study

El ciclo PDCA de mejorar la Calidad enseñada que la organización debería:

- Planificar una acción, qué hacer y cómo hacerlo
- Hacerla, llevar a cabo la planificación
- Comprobar que se cumplen las expectativas, ver si los resultados deseados se han obtenido
- Actuar sobre lo que se aprendió, hacer mejoras en los procesos basados en la información o estandarizar la mejora si se han obtenido los cambios deseados

Hay varias formas de representar el modelo PDCA, aunque la integridad del contenido es invariable. La imagen más común del modelo es una representación circular, Figura 2.2.

Figura 2.2. Representación del Ciclo Deming



Fuente: Calidad-Gestion (2010, s.p.).

El ciclo PDCA consigue que no se vea la mejora de la Calidad como algo que tiene un principio y un final determinados. Una vez que finalizamos un ciclo PDCA, el proceso de mejora empieza otra vez. A menea el ciclo PDCA se llama Rueda de Deming o Rueda de Shewart, dado que fueron los responsables de su desarrollo y divulgación (Deming, 1989).

### 2.3.3. ¿Cómo Influye el Kaizen en la Mejora?

De la implementación del Kaizen en las empresas han surgido importantes incrementos en los niveles de productividad, acompañados de reducciones de costos, mejoras en los niveles de calidad y servicio al cliente, mayores niveles de satisfacción, tiempos de preparación de máquinas y herramientas notablemente reducidos, importantes incrementos en los niveles de rotación, bajos niveles de inventarios de insumos – productos en procesos y terminados, mejora en el nivel de satisfacción de los empleados y como consecuencia menores niveles de rotación de éstos. Todo ello se ve reflejado en mayores cotizaciones para los accionistas, dado el incremento en el flujo de ingresos.

El incremento en la calidad acompañado de los mejores tiempos de entrega, los mejores servicios y la reducción en los precios permiten a las empresas hacerse de una mayor cuota de mercado. Establecida una buena estrategia y un correcto plan de implementación, la correcta capacitación y entrenamiento acompañado de la inmediata puesta en práctica de lo aprendido, permite en un muy corto período de tiempo empezar a vislumbrar los resultados.

Por supuesto que dependiendo del tamaño de la empresa, y por lo tanto de su cantidad de personal es el tiempo que se ha de tardar en llevar la capacitación y entrenamiento a todos ellos.

En cuanto a la cantidad de tiempo de capacitación depende de que tan intensiva sea ésta y de las características mismas de la empresa en cuanto a su naturaleza productiva. Una cantidad óptima de horas nos llevaría a un mínimo de 40 horas de capacitación, pudiendo ser menos o más en función del tipo de actividades de la empresa (Masaaki, 1998).

#### **2.4. Seis Sigma (DMAIC)**

Seis Sigma se está convirtiendo rápidamente en la estrategia para lograr mejoras significativas en calidad, parcelación del mercado, márgenes de ganancia y reducción de costos.

De 1987 a 1991, el Departamento de Métodos Estadísticos fue el que desarrollo, y luego institucionalizo, la metodología estándar para la caracterización de procesos de fabricación y el logro de Calidad Seis Sigma. Esta metodología presenta la importancia de reducir la variación, los defectos y los errores en todos los procesos a través de una organización para así lograr aumentar la cuota del mercado, minimizar los costos e

incrementar los márgenes de ganancia. Se pone énfasis a la explicación de una estrategia sobresaliente y de los elementos para implementar la metodología (Definir el proceso, Medirlo, Analizar sus datos, Mejorarlo y Controlarlo) para la reducción de la variabilidad y el logro de Seis Sigma.

Numerosas empresas utilizan la metodología Seis Sigma como metodología obligatoria en sus plantas. Un directivo cita tres razones (Gómez, Vilar, Trejo, 2003):

- Seis Sigma se hace imperativo cuando hay que evaluar y mejorar la capacidad de los procesos
- Seis Sigma es un medio para reducir la complejidad de diseños de productos y procesos al tiempo que se aumenta su fiabilidad
- Seis Sigma es una puesta en escena para combatir lo que muchas veces se achaca a la mala suerte

Dos Aspectos sobre los que gira la Metodología:

- El fabricante de calidad, es a la vez el fabricante que es capaz de producir a bajo costo. Es menos costo el fabricar bien a la primera que gastar dinero en ajustes y correcciones
- La calidad se puede cuantificar, y es más, la calidad tiene que cuantificarse. El diagnóstico y el seguimiento de la calidad es un compromiso de calidad a largo plazo. A corto plazo, Seis Sigma se sustenta en medidas más que en experiencias, juicios y creencias pasadas. Si no puedes medir, no sabes dónde estás; si no sabes dónde estás, te encuentras a merced del azar

Al ser una herencia de las filosofías de Deming y Juran, Seis Sigma tiene como principal fundamento el establecer un compromiso con los clientes para ofrecer productos de la más alta calidad a un menor costo.

Seis Sigma es una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos para definir los problemas; tomar datos, es decir, medir, analizar la información; emprender mejoras; controlar procesos: rediseñar procesos o productos existentes o hacer nuevos diseños, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, retornando nuevamente a algunas de las otras fases, generando un ciclo de mejora continua (Gómez, Vilar, Trejo, 2003).

#### ***2.4.1. Los Seis Principios de Seis Sigma***

Se nombran a continuación los seis principios de la metodología Seis Sigma.

##### *Principio 1, enfoque genuino en el cliente*

El enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.

##### *Principio 2, dirección basada en datos y hechos*

El proceso Seis Sigma se inicia estableciendo cuáles son las medidas claves a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan, y no sus síntomas.

##### *Principio 3, los procesos están donde está la acción*

Seis Sigma se concentra en los procesos, si se obtiene dominio sobre éstos entonces se lograrán importantes ventajas competitivas para la empresa.

*Principio 4, dirección proactiva*

Ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen.

*Principio 5, colaboración sin barreras*

Debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización. Logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores.

Impacto financiero de la reducción de costos mediante Seis Sigma 30

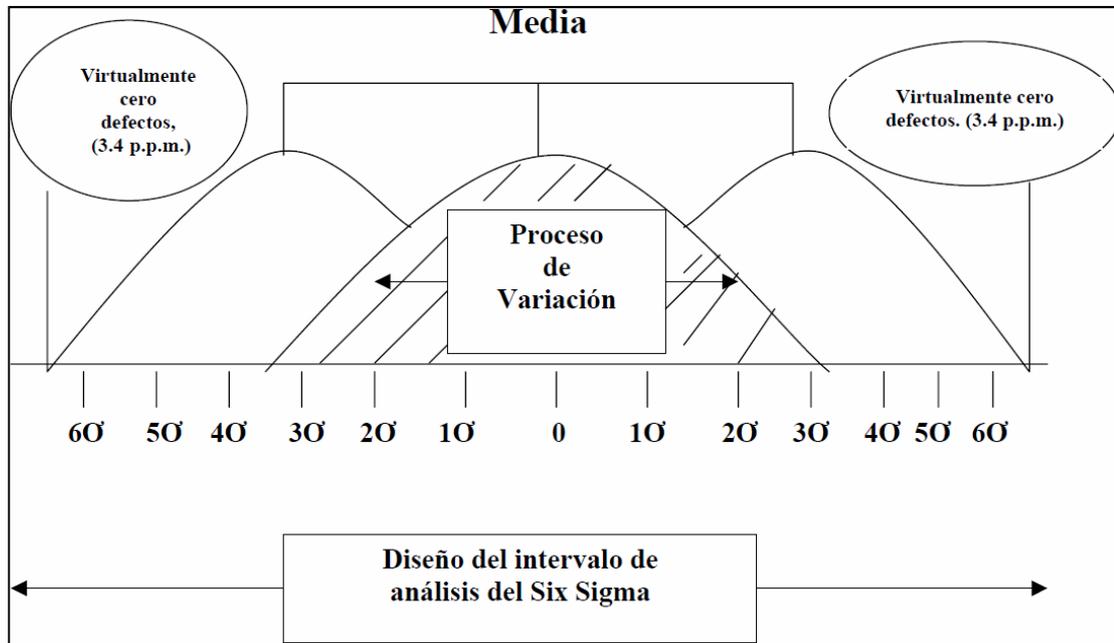
*Principio 6, búsqueda de la perfección*

Las compañías que aplican Seis Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta (Gómez, Vilar, Trejo, 2003).

**2.4.2. Cálculo de la Sigma**

El concepto de calidad seis sigma, es reducir la variación en el proceso a la mitad de la tolerancia de diseño ( $C_2= 2.0$ ) y al mismo tiempo permite que la media se desplace tanto como 1.5 del objetivo, véase Figura 2.3.

Figura 2.3. Definición de Seis Sigma



Fuente: Elaboración propia con datos de Ibáñez (1995, pp. 45-49).

En el contexto de la mejora de procesos se entiende por variación los cambios acaecidos en el valor de la característica medida, siendo esta característica la respuesta de un proceso determinado

La valoración respecto a un valor determinado, incluso dentro de las tolerancias especificadas, considerado como el óptimo y que se determina el valor objetivo, es el responsable de las pérdidas económicas debidas a la mala calidad del producto como lo son ajustes, recuperaciones, reprocesados de materiales e incluso, achatarramiento.

Es necesario que se asuman con todas las consecuencias que no existan dos elementos resultados de un mismo proceso que sean iguales. La variación es un elemento inherente a la respuesta de un proceso. Se pueden lograr procesos con la variación reducida a la mínima expresión, pero nunca que esta sea cero.

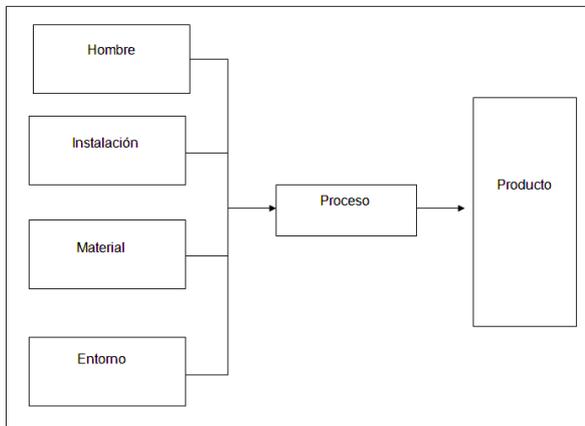
El objetivo es producir con la mínima variación y ajustando la tendencia central del proceso en la nominal requerido por la especificación. Por lo general, la única solución económica posible consiste en encontrar las causas de la variación y, actuando sobre ellas, obtener una variabilidad adecuada.

La variación observada en la respuesta de un proceso se basa fundamentalmente en lo siguiente: la característica de un producto final está influenciada por muchos subsistemas distintos pudiendo estar compuesto cada subsistema, a su vez, otros subsistemas. Cada uno de estos subsistemas está formado, por un entorno, unas entradas, un proceso y una respuesta. Estas respuestas están influenciadas por muchos factores distintos.

Fundamentalmente, las cinco fuentes más importantes de la variación son las siguientes, véase también Figura 2.4:

- Hombres: experiencia, motivación, formación, instrucción, entre otros
- Maquinarias: edad, calidad, mantenimiento, entre otros
- Materiales: características dimensionales, físicas, heterogeneidad
- Métodos: efectividad, rendimiento, entre otros
- Entorno: presión, temperatura, humedad, vibración, entre otros

Figura 2.4. Fuentes de Variación



Fuente: Elaboración propia con datos de Ibáñez (1995, pp. 45-49).

Siendo tantos los factores que afectan a la respuesta de un subsistema y tantos los subsistemas necesarios para obtener un producto acabado, está más que justificado la existencia de la variación en las características que determina la calidad del producto (Ibáñez, 1995).

#### *Causa de la Variación*

Se deben de distinguir dos fuentes distintas de la variación: la debida a las denominadas causas comunes y la debida a las causas especiales. El tratamiento de ambas es completamente distinto.

Cuando la variación inducida por cada uno de los elementos del proceso está asumida y admitida (lo que no quiere decir que es la más adecuada), se denominan causas comunes o causas aleatorias de variación. Cuando además de las anteriores sobre el proceso actúan causas específicas que producen efectos definidos, se denominan causas especiales de variación (Ibáñez, 1995).

En la siguiente Tabla 2.1 se resume las características de las causas de variación.

Tabla 2.1

*Causas de la Variación de los Procesos*

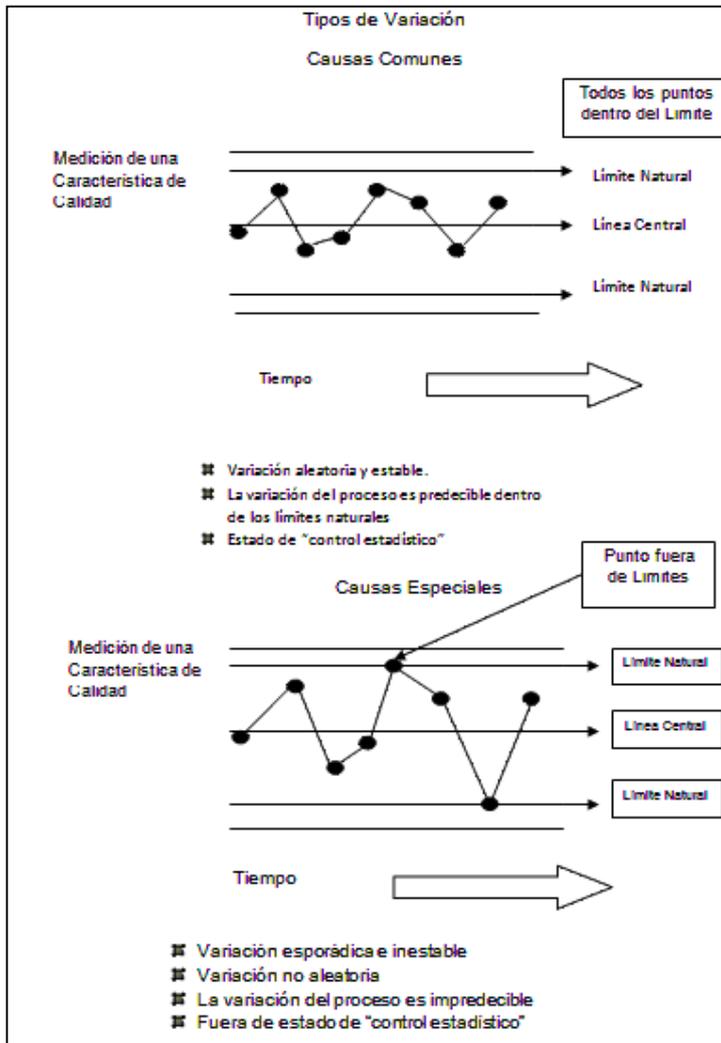
CAUSAS COMUNES	CAUSAS ESPECIALES
Muchas causas individuales.	Una sola causa individual
Individualmente, dan lugar a pequeñas variaciones.	Individualmente, dan lugar a grandes variaciones.
En conjunto producen una variación que es constante en el tiempo.	Producen una variación que no es constante en el tiempo.
Su eliminación es costosa.	Su eliminación no es costosa.
Sus efectos son difíciles de reducir.	Sus efectos desaparecen al eliminar la causa.
Bajo sus efectos, el proceso funciona de forma “óptima”.	Bajo sus efectos, el proceso no funciona de forma “óptima”.
El proceso es estable, pudiéndose utilizar técnicas estadísticas de muestreo para hacer predicciones.	El proceso no es estable, no pudiéndose utilizar técnicas estadísticas de muestreo para hacer predicciones.

Fuente: Elaboración propia.

*Control de los Procesos*

Una actividad fundamental en la mejora de los procesos consiste en utilizar una herramienta estadística cuyo objetivo es identificar las causas especiales que actúan sobre los procesos y eliminarlas. De esta forma, los procesos sólo estarán sometidos a las causas comunes de variación, obteniéndose como resultado unos procesos cuya variación estará acotada y será constante en el tiempo. Es lo que denominamos Procesos en estado de control. La herramienta que logra esto son los denominados *Gráficos de control de procesos* (Figura 2.5).

Figura 2.5. Gráficos de Control de Procesos



Fuente: La excelencia en el proceso de desarrollo de nuevos productos (1995, s.p.).

Se dispone, y gracias a los gráficos de control, de procesos que se encuentran en estado de control estadístico, lo que en principio significa que estos procesos dan lugar a características cuya variación es constante y, por lo tanto, cuyo resultado es predecible en el tiempo. Ya se han satisfecho uno de los objetivos de la mejora de los procesos.

Ahora bien, ¿se puede considerar que estos procesos en estado de control son correctos? La respuesta es clara. Si la variación del proceso, denominada tolerancia natural, es menor que la variación máxima tolerada por los límites de la especificación, se tiene un proceso con un resultado coherentemente correcto. Todo el producto resultado de este proceso será conforme.

Sin embargo, si la variación del proceso es mayor que la variación máxima tolerada por los límites de la especificación, se tiene un proceso con resultado consistentemente incorrecto, Parte del producto resultado de este proceso (mayor cuanto mayor sea la diferencia entre la variación tolerada y la existente) consistentemente será no conforme (Ibáñez, 1995).

#### *Seis Sigma*

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

Seis sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad, en un proceso y el objetivo de la metodología seis sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

Obtener 3.4 defectos en un millón de oportunidades es una meta bastante ambiciosa pero lograble. Se puede clasificar la eficiencia de un proceso en base a su nivel de sigma:

1sigma= 690.000 DPMO = 31% de eficiencia

2sigma= 308.538 DPMO = 69% de eficiencia

3sigma= 66.807 DPMO = 93,3% de eficiencia

4sigma= 6.210 DPMO = 99,38% de eficiencia

5sigma= 233 DPMO = 99,977% de eficiencia

6sigma= 3,4 DPMO = 99,99966% de eficiencia

(Jiju, 2008)

#### ***2.4.3. Método de Resolución de Problemas (DMAIC)***

Seis Sigma evolucionó hacia una potente metodológica conocida como DAMIC (Definir, Medir, Analizar, Mejora-Improve y Controlar) utilizada para abordar problemas complejos cuya solución no se vislumbra, y orientada a conseguir unos elevados beneficios económicos en un corto periodo de tiempo.

Hoy día Sigma, en su tercera generación, es una estrategia para la mejora ampliamente utilizada para empresas líderes mundialmente para orientar sus iniciativas de satisfacción del cliente, mejora continua y reducción de costos, alineándolas con sus estrategias.

Seis Sigma comparte muchos aspectos metodológicos con otras herramientas y sistemas, pero tiene varios aspectos fundamentales:

- Orientación hacia el cliente
- Orientación a la mejora de los procesos, para reducir drásticamente los niveles de defectos elevados frente a la inversión realizada en corto periodo de tiempo

- Desarrollo de proyectos complejos cuya solución no es fácil de encontrar con metodologías/herramientas tradicionales

Etapas del Seis Sigma:

- Identificación y selección de proyectos
- Construcción del equipo
- Definición del proyecto
- Formulación de los miembros del equipo
- Ejecución del proceso DMAIC
- Extensión de la solución

(Membrado, 2003)

#### *D (Definir)*

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma que deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones: ¿Qué procesos existen en el área? ¿De qué actividades o procesos se es el responsable? ¿Quién o quiénes son los dueños de estos procesos? ¿Qué personas interactúan en el proceso, directa e indirectamente? ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso? ¿Se tiene actualmente información del proceso? ¿Qué tipo de información se tiene? ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse? (WikimediaFoundation, Inc, 2011)

### *M (Medir)*

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones: ¿Se sabe quiénes son los clientes? ¿Se conocen las necesidades de los clientes? ¿Se sabe qué es crítico para el cliente, derivado de su proceso? ¿Cómo se desarrolla el proceso? ¿Cuáles son los pasos? ¿Qué tipo de pasos compone el proceso? ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente? ¿Por qué son esos los parámetros? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición? (WikimediaFoundation, Inc, 2011)

### *A (Analizar)*

En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o focos vitales que afectan a las variables de respuesta del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones: ¿Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición? ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? Muestre los datos. ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso? ¿Cómo se definieron? ¿Cuáles son las posibles fuentes

de variación del proceso? Muestra de cuáles y qué son. ¿Cuáles de esas fuentes de variación se controlan y cuáles no? De las fuentes de variación que se controlan ¿Cómo se controlan y cuál es el método para documentarlas? ¿Monitorea las fuentes de variación que no se controlan?

### *I (Mejorar)*

En la fase de mejora, Improve en inglés, el equipo trata de determinar la relación causa-efecto, relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese, para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones: ¿Las fuentes de variación dependen de un proveedor? Si es así, ¿cuáles son? ¿Quién es el proveedor? y ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas? ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas? ¿Interactúan las variables críticas? ¿Cómo se definieron? Muestra de los datos. ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso? ¿Cómo se definieron? Muestra de los datos (WikimediaFoundation, Inc, Diciembre 2011).

### *C (Controlar)*

Fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma, se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones: Para las variables ajustadas ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición? ¿Cómo se definió?

Muestra de los datos. ¿Cuánto se ha mejorado el proceso después de los cambios? ¿Cómo se define? Muestra de los datos. ¿Cómo se mantienen los cambios? ¿Cómo se monitorean los procesos? ¿Cuánto tiempo o dinero se ha ahorrado con los cambios? ¿Cómo lo está documentando? La muestra de los datos (WikimediaFoundation, Inc, Diciembre 2011).

#### ***2.4.4. Conceptos / Herramientas para Seis Sigma***

Algunos de los conceptos y herramientas del Seis Sigma que se necesitan comprender para el desarrollo de esta investigación están contenidos en este sub-capítulo.

##### *DFSS – DesignforSix Sigma*

Tiene el objetivo de determinar las necesidades de los clientes y el negocio, y manejar las necesidades en la solución de producto producida. DFSS es relevante para la fase de sin investigación complejo sistema / producto, especialmente en el contexto del desarrollo del sistema sin precedentes. Es el procedimiento de generación en contraste con la mejora de procesos.

Trata de evitar en la fabricación / servicio, los problemas del proceso mediante el uso de servicios avanzados de voz y las técnicas apropiadas de ingeniería de sistemas para evitar problemas en el proceso desde el principio, es decir, la prevención de incendios. Cuando se combinan estos métodos de obtención de las necesidades propias del cliente, y obtener los parámetros del sistema de ingeniería de requerimientos que incrementan la efectividad del producto y el servicio a los ojos del cliente. Esto proporciona productos y servicios que proporcionan una mayor satisfacción del cliente y el aumento de las técnicas de share. En el mercado también incluye herramientas y procesos para predecir, modelar y simular el sistema de entrega del producto, los

procesos / herramientas, personal y organización, capacitación, instalaciones y logística para producir el producto / servicio, así como el análisis del ciclo de vida del sistema de desarrollo propio para garantizar la satisfacción del cliente con la solución de diseño del sistema propuesto (Kai, El, 2003).

#### *DFM – DesignforManufacturability*

Es una de las tantas metodologías de DFSS que se usan para cumplir criterios de calidad como confiabilidad, diseño robusto, impacto ambiental, etc. Siendo la metodología de DFM la de más impacto. La metodología de DFM es útil para conectar necesidades y especificaciones del cliente con las dificultades que enfrenta la empresa, especialmente los equipos de diseño y manufactura. DFM requiere de un equipo multifuncional ya que se ven involucrados distintos tipos de información como: bosquejos, dibujos, especificaciones del producto, alternativas de diseño, entendimiento detallado de los procesos de fabricación y ensamble, estimados de costos de manufactura, volúmenes de producción, crecimiento de la demanda, etc.

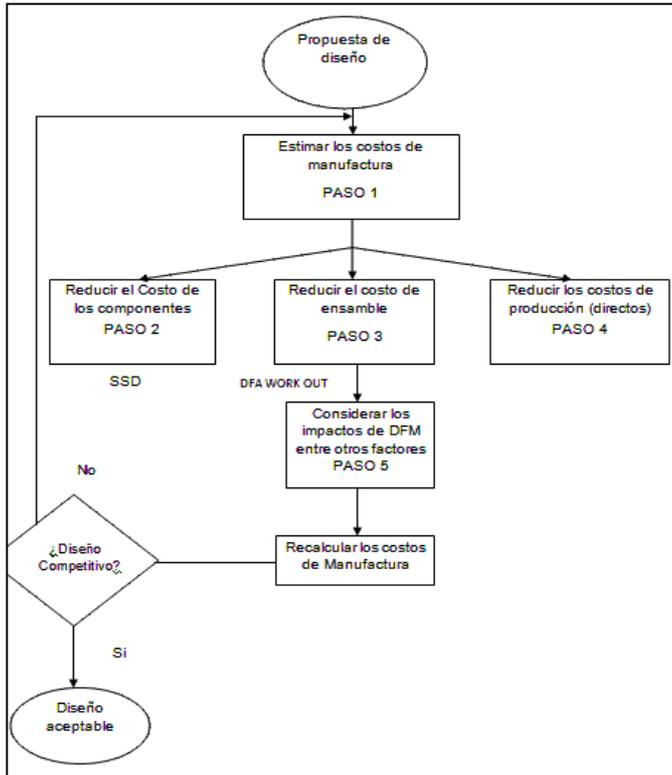
Por lo tanto DFM requiere contribuciones de integrantes de diferentes equipos o departamentos de la empresa.

DFM es un proceso que acompaña el desarrollo del producto:

- Inicia desde la etapa conceptual del producto donde las funciones y especificaciones son determinadas
- El costo es casi siempre un factor determinante para seleccionar un diseño y el costo va asociado directamente a la manufactura (fabricación y ensamble)
- Luego en la etapa de diseño a detalle, muchas decisiones se basan en restricciones de manufactura

Por lo anterior se puede ver en la Figura 2.6 que DFM acompaña al producto durante todo su desarrollo (Kai, El, 2003).

Figura 2.6. Proceso de Diseño para Manufacturabilidad



Fuente: Diseño para Six Sigma (2003, s.p.).

### DFC – Despliegue de la Función de Calidad

El DFC significa el Despliegue de la Función de Calidad o por su nombre en inglés QualityFunctionDeployment, QFD, también conocido como la casa de la calidad por la figura que se forma durante el proceso de desarrollo.

Es un sistema para traducir los requerimientos del cliente a los parámetros apropiados de la empresa en cada una de las etapas del ciclo de desarrollo de productos desde la investigación y desarrollo, hasta la ingeniería, fabricación, mercadotecnia,

ventas y distribución. El DFC traduce los requerimientos del cliente en especificaciones técnicas en cada una de las etapas del proceso de desarrollo del producto.

Es un método sistemático para garantizar que las propiedades, características y especificaciones de un producto, así como la selección y desarrollo de equipos, métodos y controles de proceso, estén orientados a las demandas del cliente o del mercado (Quesada, 2011).

#### *Análisis de Pareto*

El Análisis de Pareto, es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto, véase Figura 2.7. La gráfica de Pareto es una técnica que separa los focos vitales de los muchos triviales. Una Gráfica Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos, las barreras más largas en una Gráfica Pareto, servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. El resultado de los casos, entre 2 y 3 aspectos será responsabilidad por el 80% de los problemas.

Ésta se utiliza cuando:

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar calidad
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática

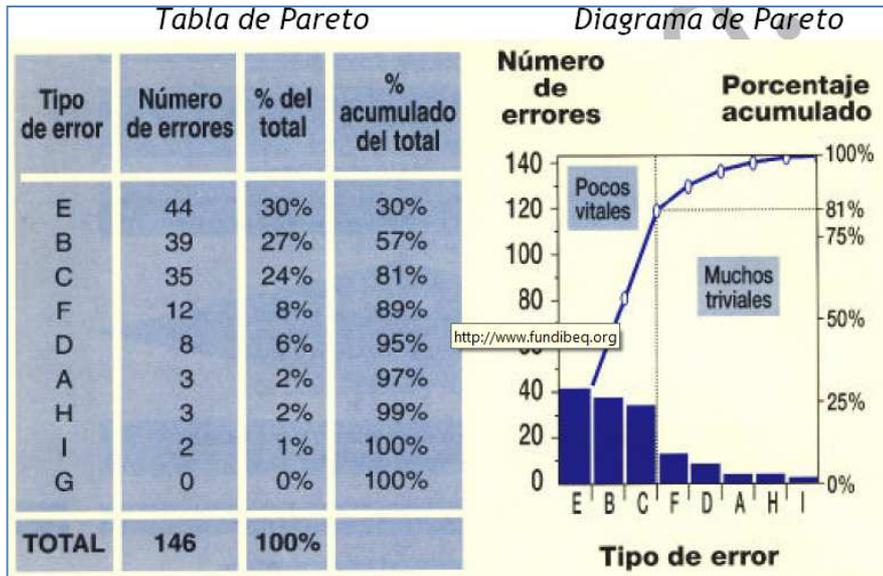
Un equipo puede utilizar la Gráfica Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas

- Para estudiar los resultados
- Para planear una mejoría continúa

([www.fundibeq.org](http://www.fundibeq.org), 12 de Diciembre de 2011)

Figura 2.7. Tabla y Diagrama de Pareto



Fuente: FUNDIBEQ (2011, s.p.).

*Diagrama Cusa-Efecto*

También conocido como “Diagrama Espina de Pescado”, véase Figura 2.8, es una técnica ampliamente utilizada que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que puedan estar contribuyendo para que él ocurra. Constituido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en el Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio. Kaoru Ishikawa, para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando discutían problemas de calidad (Universidad Nacional de Colombia, 2011).



Valor de reproducibilidad. Es el valor por abajo del cual se espera que se encuentre con una probabilidad del 95%, la diferencia absoluta entre dos valores individuales de resultado de un ensayo, obtenidos en condiciones de reproducibilidad (Llamosa, 2007).

## **2.5. Definición del producto/empresa**

Con la finalidad de comprender el alcance de esta investigación, así como de comprender la empresa, el producto y herramientas disponibles, la siguiente sección describe el producto específico al que se le aplicará la metodología Seis Sigma y el tipo de empresa en la que este se encuentra con la finalidad de entender y comprender las herramientas disponibles que ayudaran a la metodología Seis Sigma.

El producto específico que este documento pretende hacer más competitivo dentro de su mercado por medio de la metodología Seis Sigma se trata de arneses de señal y control para la industria aeronáutica y del transporte diseñados y fabricados por una empresa global líder en su ramo proveedora de componentes complejos para motores y fuselajes para aeronaves y sus sistemas eléctricos y mecánicos aportando las soluciones más avanzadas de rendimiento para una amplia variedad de mercados incluyendo la aviación comercial, de negocios, industrial y de espacio y defensa, estableciendo también nuevos estándares de rendimiento y tecnología al anticipar las necesidades del cliente y la inversión en investigación y desarrollo ([www.unisonindustries.com](http://www.unisonindustries.com), 11 de Diciembre de 2011)

### ***2.5.1. Arnese para la Industria del Transporte***

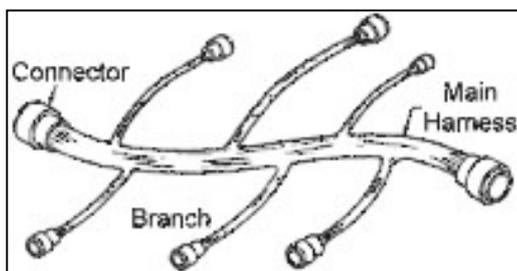
Un arnés para uso en aeronaves define, de acuerdo al diccionario de la lengua española, como un conjunto de cables que transmiten señales de información o

corrientes de funcionamiento. Los cables se encuentran unidos por grapas, bridas, cintas o tejidos.

Muchos aviones, automóviles y naves espaciales contienen una masa de muchos cables que se extienden a lo largo de varios kilómetros si se encuentran completamente extendidos. Mediante la unión de los cables, éstos pueden estar mejor protegidos contra los efectos adversos de vibraciones, abrasiones y humedad entre otros. Para la construcción de arneses eléctricos el uso del espacio se ha optimizado y el riesgo de cortocircuito se reduce. Ya que el instalador solo tiene un arnés para instalar, en lugar de múltiples cables, el tiempo de instalación es menor y el proceso puede ser fácilmente estandarizado. La unión de los cables por medio de una capa retardante de la llama también reduce el riesgo de incendios de origen eléctrico.

Un mazo de cables, también conocido como un conjunto de cables o cableado, es una serie de cables y / o los cables que transmiten señales de información o corrientes de funcionamiento (energía). Los cables están unidos por grapas, bridas, cordones de cable, mangas, cinta eléctrica, conductos, tejido de una cadena de extrusión o una combinación de ambos, como ejemplo se muestra la figura representativa (Figura 2.9).

*Figura 2.9.* Arnés eléctrico



Fuente: Electronic Chassis, Cable Assemblies (Wikimedia Foundation Inc,2011, s.p.).

### ***2.5.2. Proceso de Manufactura para Arneses***

Los arneses usualmente están definidos por su geometría y sus requerimientos eléctricos. Un diagrama es entonces proveído para la preparación de su ensamble.

Los cables son cortados de acuerdo a la longitud deseada, usualmente son cortados usando una máquina especial para el cortado de cables. Los cables pueden ser además marcados durante el cortado de estos en una máquina separada. Después de esto, los finales de los cables son desforrados con la finalidad de exponer el metal, conductor, del cable los cuales son insertados con alguna terminal requerida y/o algún conector. Los cables son ensamblados y sujetos juntos en una mesa especial o en un herramental especial de acuerdo a las especificaciones de diseño, para así formar el arnés. Después de ponerles sus respectivas capas protectoras el arnés es instalado en el equipo o enviado al comprador.

A pesar de la predominante automatización en las industrias, en general, los arneses continúan siendo manufacturados a mano, y este proceso muy probablemente permanezca siéndolo durante el futuro previsible; esto debido a los muchos y diferentes procesos involucrados en la construcción de los mismos, como lo son:

- Enrutamiento de los cables a través de sus capas
- Encintado con cinta de aislar, en particular en las ramas
- Aprisionamiento de los conector en los conductores, particularmente en los aprisionamientos múltiples (más de un conductor en la terminal y/o conector)
- Inserción de una capa de recubrimiento en otra
- Fijación de cables con cinta, abrazaderas o ataduras para cables

- Para algunos vehículos existen un gran número de variantes (debido a las diferentes configuraciones y longitud de los vehículos) las cuales producen

Es claramente difícil el automatizar estos procesos debido a la individualidad de él ruteo de cada arnés. A pesar de esto, estos procesos pueden ser aprendidos relativamente rápido, incluso sin calificaciones profesionales. Así, la producción manual continúa siendo cuantitativamente (costo) más efectivo que la automatización.

Las pruebas funcionales eléctricas pueden ser hechas mediante el uso de pruebas de placas. Los datos del diagrama eléctrico pueden ser pre-programados dentro de la prueba donde los arneses pueden ser probados individualmente o en múltiples (WikimediaFoundation, Inc, 2011).

### ***2.5.3. Desarrollo de Nuevos Productos***

El panorama en la que los productos de nueva generación se desarrollan, de acuerdo a Enric Barba Ibáñez (1995), se describe a continuación. Se entiende por diseño industrial el conjunto de procesos que transforma requisitos o necesidades en características especificadas o en la especificación de un producto, proceso o sistema. El concepto de diseño y desarrollo se extiende a productos, procesos y servicios de la empresa.

El diseño en el ámbito de la empresa es uno de los recursos fundamentales para conseguir mejorar su posición en el mercado, y por tanto lograr un aumento de la competitividad, estamos ante el diseño de nuevos productos.

El concepto del diseño en su acepción global es la planificación y realización de objetos y ambientes para uso y estancias de las personas, así como de procesos y programas de actividades humanas.

El proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos se inicia con una planificación de lo que se va a hacer y quién lo va a hacer.

A continuación se siguen una serie de fases:

- Toma de datos
- Evaluación y selección
- Desarrollo e ingeniería del producto y del proceso
- Pruebas y evaluación
- Realización del producto

En la primera fase, toma de datos, se obtiene información sobre los requisitos que van a tener los productos o servicios ofertados de acuerdo con las necesidades y exigencias del cliente y del mercado, identificando las oportunidades existentes, las posibilidades técnicas y los requerimientos de fabricación. Con esta información se realiza la planificación del diseño, se selecciona el mercado objetivo y los recursos necesarios para el lanzamiento del nuevo producto, así como la identificación de los requisitos legales que afectan al producto o servicio.

Entre las principales fuentes de ideas para este proceso se pueden señalar las siguientes:

- Requisitos de los clientes: el cliente debería aportar sus ideas al proceso de diseño y desarrollo
- Datos de Ingenieros y diseñadores: el personal del departamento de ingeniería de diseño puede aportar avances tecnológicos que pueden dar lugar a nuevos productos innovadores

- Datos de competidores: para mejorar el producto de la competencia pero basándose en su diseño inicial
- Datos de la alta dirección y empleados de la empresa
- Datos aportados por universidades y centros públicos de investigación.
- Requisitos legales aplicables

En la segunda fase, Evaluación y selección, se seleccionan aquellas ideas que presentan mayores posibilidades de éxito. Este proceso de evaluación implica un análisis de la viabilidad económica, técnica y comercial del producto.

Una vez aprobado, el proyecto pasa a la Ingeniería del producto y del proceso. En esta tercera fase, se realizan la mayoría de las actividades de diseño de detalle y de desarrollo del producto, así como de los procesos productivos necesarios para la fabricación y posterior lanzamiento al mercado. Incluye una fase de realización del diseño, revisión del diseño, verificación y validación del diseño.

En muchas ocasiones, de forma paralela o simultánea, comienza la cuarta fase de pruebas y evaluación, en la que se realizan las pruebas y evaluación correspondiente a los diseños resultantes de la tercera fase, para lo cual se procede a la fabricación de prototipos y a la simulación del proceso de fabricación, tratando de detectar posibles deficiencias tanto del nuevo producto como de su proceso de fabricación.

Por último, si la evaluación realizada en la fase anterior es favorable, el producto pasa a la quinta fase en la que se inicia la fabricación a gran escala; se produce el lanzamiento al mercado del nuevo producto.

El proceso de desarrollo descrito se realiza de forma iterativa hasta alcanzar el diseño más adecuado a las exigencias de los consumidores. En cada iteración se aprende

sobre el problema a resolver y las alternativas existentes hasta que se converge al diseño final y se completan las especificaciones detalladas inicialmente

#### *Técnicas en Diseño y Desarrollo de Productos*

A continuación se comentan algunas de las técnicas que mayor impacto están teniendo en la gestión actual del proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos.

*Ingeniería simultánea.* La ingeniería simultánea debe su auge actual al éxito de su aplicación práctica en las empresas japonesas, especialmente en las del sector de la automoción.

Esta técnica se basa en juntar las diferentes actividades para conseguir una reducción en el tiempo de mercado, con el correspondiente solapamiento de las actividades de diseño, desarrollo y fabricación de nuevos productos.

*Diseño para la excelencia.* Es aquella técnica de diseño cuyo objetivo debiera ser que el producto resultante satisfaga el conjunto de necesidades de todas las personas u organizaciones afectadas, de la forma más eficiente.

Para alcanzar este objetivo surge el denominado Diseño para la Excelencia o DesignforExcellence (DFE), que engloba una serie de técnicas de diseño, cuyo objetivo es gestionar la calidad, el costo y el tiempo de entrega del nuevo producto.

Así, el Diseño para la Excelencia (DFE) comprende las siguientes técnicas:

- Diseño para el ensamblaje. El Diseño para el Ensamblaje o DesignforAssembly se centra en simplificar el proceso de ensamblaje, con lo que se reduce el ciclo de fabricación y se mejora la calidad del producto
- Diseño para la fabricación. Esta técnica trata de facilitar el proceso de fabricación, simplificando el diseño del nuevo producto por medio de una reducción de los

componentes que lo integran. Esta reducción en el número de componentes facilita la fiabilidad del producto, disminuye los costos del ciclo de vida del producto, reduce el número de horas de ingeniería de diseño necesarias, reduce las compras, los inventarios y el espacio para almacenar los componentes

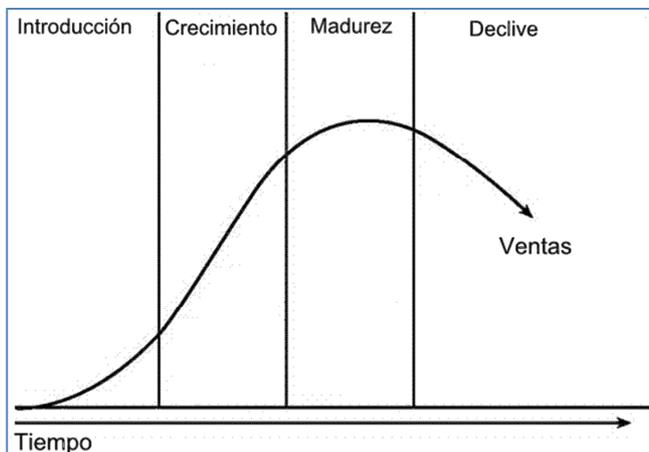
- Diseño para las pruebas. El objetivo de esta técnica es diseñar un producto de forma que las pruebas, a las que va a ser sometido antes de su lanzamiento y fabricación, puedan realizarse fácilmente y en el menor período de tiempo
- Diseño para el servicio. Esta técnica, también conocida como DesignforService o DesignforServiceability, permite tener en cuenta en el diseño del producto aquellos factores que facilitan la prestación de los servicios asociados al uso del producto (mantenimiento y reparación)
- Diseño para la internacionalización. El objetivo de esta técnica es gestionar el proceso de diseño, de modo que el producto resultante pueda ser adaptado con facilidad a las características particulares de cada país donde vaya a ser introducido
- Diseño para el medio ambiente. Esta técnica pretende integrar factores medioambientales en el proceso de diseño de nuevos productos
- Despliegue de la Función de Calidad (QFD). Esta técnica pretende trasladar o transformar los deseos del cliente en especificaciones técnicas correctas, que ayuden a proceder al diseño de un producto que satisfaga las necesidades del cliente
- Diseño Asistido por Ordenador (CAD): Se trata de un sistema de diseño, bastante conocido y utilizado, que permite ampliar de forma relevante las posibilidades de los sistemas tradicionales de dibujo y cuya principal ventaja radica en la rapidez con

que permite efectuar modificaciones en el diseño, a diferencia de lo que ocurría cuando los diseños se realizaban en papel

#### 2.5.4. Ciclo de Vida del Producto

El ciclo de vida del producto, a veces, CVP, es la evolución de las ventas de un artículo durante el tiempo que permanece en el mercado, Figura 2.10. Los productos no generan un volumen máximo de ventas inmediatamente después de introducirse en el mercado, ni mantienen su crecimiento indefinidamente. El concepto de ciclo de vida de un producto es una herramienta de mercadotecnia. Las condiciones bajo las que un producto se vende cambian a lo largo del tiempo; así, las ventas varían y las estrategias de precio, distribución, promoción, variables del «marketing mix», deben ajustarse teniendo en cuenta el momento o fase del ciclo de vida en que se encuentra el producto. (Levitt, 1981).

Figura 2.10. Etapa del Ciclo del Producto



Fuente: El ciclo de vida del producto: gran oportunidad de marketing (Levitt, Theodore, 1981, p.105).

### ***2.5.5. Empresa Global***

La globalización se comprende como el proceso por el que la creciente comunicación e interdependencia entre distintos países del mundo unifica mercados, sociedades y culturas dándoles con esto un carácter global (WikimediaFoundationInc, 2005).

De acuerdo con Yip (1992), con la globalización se pueden lograr una o más de cuatro categorías de beneficios, a saber:

#### *Reducción de Costos*

La globalización puede reducir los costos mundiales en diferentes formas:

**Economía de escala:** se pueden realizar aunando la producción u otras actividades para dos o más países.

**Costo más bajo de factores:** se pueden lograr llevando la manufactura u otras actividades a países de bajos costos.

**Producción concentrada:** significa reducir el número de productos que se fabrican, de muchos modelos locales a unos pocos globales.

**Flexibilidad:** se puede explotar pasando la producción de un sitio a otro en breve plazo, a fin de aprovechar el costo más bajo en un momento dado.

**Aumento de poder negociador:** con una estrategia que permita trasladar la producción entre múltiples sitios de manufactura en diferentes países, se aumenta grandemente el poder negociador de una compañía con los proveedores, los trabajadores y los gobiernos.

### *Calidad Mejorada de Productos y Programa*

La concentración en un número menor de productos y programas, en lugar de los muchos productos y programas que son típicos de una estrategia multi-local, puede mejorar la calidad tanto de los productos como de los programas.

### *Más Preferencia de Los Clientes*

La disponibilidad, el servicio y el reconocimiento globales aumentan la preferencia de la clientela mediante el refuerzo.

### *Mayor Eficacia Competitiva*

Una estrategia global ofrece más puntos de ataque y contraataque contra los competidores. Además de las ventajas ya descritas de las empresas globalizadas, estas están caracterizadas por el uso adecuado de un sistema que les permita comunicarse a través de las diferentes sedes, para esto se utiliza el sistema ERP, Sistema de Recursos de la Empresa o *Enterprise Resource System* por sus siglas en inglés, véase la Figura 2.11. El sistema de planeación de recursos de una empresa, ERP, conecta todas las áreas del negocio. Manufactura se entera de los nuevos pedidos tan pronto como se registran en el sistema. Ventas conoce la situación exacta del pedido de un cliente. Compras sabe al minuto lo que necesita manufactura y el sistema contable se actualiza a medida que ocurren todas las operaciones pertinentes. Los beneficios son considerables, tan solo los ahorros en envío redundante de la información le pueden ahorrar a una compañía millones de dólares al año por ejemplo. Sin embargo, el valor real se encuentra en las nuevas formas en que una compañía puede hacer negocios. Simplemente se pueden eliminar muchos trabajos redundantes. El tiempo restante para desempeñar los trabajos restantes se pueden reducir considerablemente debido a la rápida disponibilidad de la

información. Con un sistema ERP bien diseñado, son posibles nuevas formas de dirigir el negocio. Los sistemas ERP son complejos y pueden requerir cambios importantes en los procesos. (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

Figura 2.11. Modelo del Sistema ERP



Fuente: Administración de Operaciones (Chase, 2009, p.89).

## 2.6. Estrategias en el Proceso de Ingeniería de Diseño

Porter(1996) en su artículo define y plantea las diferentes estrategias que se tratan en el desarrollo de esta investigación de la siguiente manera: su competencia podrá implantar mejoras en su calidad y eficiencia, pero no será capaz de copiar su estrategia de posicionamiento, la cual debe constituirse en el elemento diferenciador de su compañía frente a las demás. En este documento clásico de Michael Porter, se responden muchas preguntas como:

- ¿Cuál es el propósito del posicionamiento estratégico?
- ¿En qué consiste la efectividad operacional?
- ¿Por qué el diseño de la estrategia se basa en la creación de una posición única y de valor?

La cantidad de actividades involucradas en el diseño, producción, venta y distribución de un producto o servicio, son elementos vitales para la generación de la ventaja competitiva. Entonces, la efectividad operacional significa ejecutarlas mejor que los demás – depende así, de su oportunidad, de su dependencia de pocos procesos, con un margen mínimo de defectos – para lograr la superioridad frente a la competencia.

Las compañías no pueden ignorar las ventajas de la efectividad operacional, como las firmas japonesas que demostraron en los 70 y 80 con sus prácticas innovadoras en la administración de la calidad total y el mejoramiento continuo.

Pero desde un punto de vista competitivo, el problema de la efectividad operacional es que la mejor práctica es fácilmente imitada. Como todos los competidores en la industria las adoptan, así la frontera de la productividad es el máximo valor que una compañía puede obtener de la reducción de sus costos, dada por la mejor tecnología disponible, las habilidades y las técnicas de dirección, esto obliga a ser sobresaliente en la reducción de costos y a agregar un mayor valor por la innovación al mismo tiempo. Tal nivel de competencia produce un nivel de evolución en su efectividad operacional, pero esta mejora relativa no es la diferencia. La homologación de los procesos frente a su efectividad, gracias a la actitud de colaboración entre las compañías, logra una mayor convergencia competitiva.

El propósito del posicionamiento estratégico es lograr la ventaja competitiva a través de mantener lo que diferencia de una compañía de otra. Esto es, emular diferentes actividades de la competencia o ejecutar actividades similares de manera diferente.

Se describen tres principios claves que se deben observar en el posicionamiento estratégico, son:

- La estrategia radica en la creación de una posición única y de valor, que involucra la gestión de un conjunto de actividades significativas. La posición estratégica emerge de tres fuentes distintas:
- Satisfacer pocas necesidades a una gran cantidad de clientes
- Satisfacer una amplia gama de necesidades a unos pocos clientes
- Satisfacer una amplia gama de necesidades a muchos clientes en un nicho del mercado
- La estrategia necesita de buen juicio para competir, es decir, diferenciar lo que no se debe hacer. Algunas actividades son incompatibles; así, la meta de un área puede ser realizada solo a expensas de otra
- La estrategia está inmersa en los procesos de la compañía. Esta sintonía se obtiene a través de la interacción de los procesos y la consolidación de unos con otros

Ajustar la gestión de la ventaja competitiva y mantenerla: cuando los procesos mutuamente buscan su sinergia en su interacción unos con otros, conlleva a que la competencia no logre con facilidad imitarlos.

Los empleados necesitan el liderazgo sobre cómo interiorizar la estrategia de posicionamiento. Este trabajo de análisis el cual identifica un grupo objetivo de clientes y sus necesidades de servicio necesita de la disciplina, de la habilidad de establecer límites y de una comunicación transparente. Así claramente, la estrategia y el liderazgo están íntimamente relacionados (Porter, 1996).

### ***2.6.1. Reducción mediante la Efectividad Operacional***

Una de las estrategias para la reducción de costos en el producto es siendo operacionalmente mejores, esto aplicado durante todas las actividades involucradas en el

diseño, producción, venta y distribución de un producto o servicio, los párrafos siguientes conceptualizan este concepto como lo describe Porter (1996) en su artículo *What is Strategy*.

Tanto la efectividad operacional como la estrategia son esenciales para obtener un mejor desempeño que, en últimas, es la meta principal de cualquier organización. Pero las dos últimas funcionan de manera distinta y con diferentes agendas.

Una compañía puede superar a la competencia siempre y cuando establezca una diferenciación que pueda mantener a largo plazo. Debe conceder gran importancia a los consumidores o tiene que crear un valor comparativo a menor precio; o realizar ambas. Consecuentemente, las ganancias serán mayores al dar mayor valor agregado a cada unidad de producto con menores costos operativos unitarios. Las diferencias que hoy se presentan tanto en costos como en precios se deben a las múltiples actividades requeridas para crear, fabricar, vender y despachar los productos y servicios, sin dejar de mencionar los esfuerzos complementarios en mercadeo, capacitación continúa del personal e investigación. Los costos generales se obtienen a partir de la realización de las actividades mencionadas y los costos comparativos menores se generan por la realización de las mismas actividades pero eficientemente.

Para diferenciarse de la competencia, se deben escoger adecuadamente las actividades a realizar dentro de toda la competencia y no de manera aislada.

La efectividad operacional significa desempeñar actividades similares a la competencia pero de mejor forma, e incluye la eficiencia pero no se limita a ésta. Más bien se refiere a diferentes actividades que permiten, a manera de ejemplo, reducir desperdicios o fabricar en menor tiempo la misma producción. En contraste, la estrategia

significa desarrollar actividades diferentes a las de la competencia o, en el peor de los casos, desarrollar actividades similares pero mejor y de forma diferente.

Las diferencias de la efectividad operacional entre las compañías son determinantes y algunas aprovechan más el conocimiento interno que otras al eliminar esfuerzos inútiles, utilizar tecnologías de punta, o motivar mejor a sus colaboradores mientras administran adecuadamente sus actividades. Lo anterior afecta directamente los costos del posicionamiento. En la década de los 80 la diferenciación operacional llevó a las organizaciones japonesas a estar en ventaja competitiva frente a la industria occidental, permitiéndoles ofrecer simultáneamente bajos precios y alta calidad.

La frontera de la productividad se hace cada vez más inalcanzable para la mayoría a medida que surgen nuevas tecnologías y métodos de trabajo. Computadores personales como los laptops, celulares, internet y programas de computadora como Lotus Notes, redefinieron completamente la frontera. Uno de los cambios lo sufrió la fuerza de ventas con su nueva movilidad, la oficina virtual, sin perder contacto con la información y con la empresa, mejorando, sin duda, la productividad de toda la organización a la que pertenece.

A medida que una empresa se acerca a la frontera de la productividad, usualmente mejoran simultáneamente algunas otras actividades. Como ejemplo, tenemos las organizaciones occidentales que adoptaron los métodos japoneses de la década de los 80 y lograron reducciones significativas en sus costos operacionales. El mejoramiento continuo de la efectividad operacional es necesario pero no suficiente y las empresas se dan cuenta que mantenerse por encima de la competencia es cada vez más difícil. La razón, es la masificación de los métodos de trabajo. Las más innovadoras y genuinas

soluciones son las de más rápida difusión y uno de sus vehículos de transmisión es la consultoría externa (Porter, 1996).

### ***2.6.2. Reducción de Costos Mediante Materiales***

Los materiales son los principales bienes que se usan en la producción y que se transforman en artículos terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. El costo de los materiales se puede dividir en materiales directos e indirectos, los primeros son los que se pueden identificar en la producción de un artículo determinado, que se pueden asociar fácilmente con el producto y los segundos son los comprendidos en la fabricación de un producto diferente de los materiales directos (Polimeni, Fabozzi, Adelberg, 1997).

Un sistema de diseño inteligente comienza con la estructura del producto. Esta es una catálogo jerárquico de todos los elementos del producto denominado BOM, *Bill Of Material* por sus siglas en inglés. El sistema inteligente debe asegurarse que cuando el diseño del producto pasa a producción masiva el producto se pague por sí mismo una vez en producción

El ingeniero comienza por definir la estructura del producto, identificando los sistemas principales y sus componentes. Para cada parte del sistema consideraciones deben darse para en primer lugar utilizar componentes usados ya por la compañía, o partes hechas especiales para la compañía pero utilizadas ya en otros proyectos dentro de la misma compañía, cual sea que sirva a las necesidades del producto. No hasta que estas opciones son exhaustivamente exploradas se debe pensar en crear partes nuevas. La administración del BOM va de la mano con las normas ambientales, el cumplimiento de

los requerimientos y el manejo de las partes obsoletas. ([www.enventureonline.com](http://www.enventureonline.com), 2011)

### ***2.6.3. Reducción de Mano de Obra / Procesos***

El artículo Labor CostReduction escrito por ECG Management Consultants, Inc en el 2011, describe la esencia de la reducción de costos de la mano de obra, explica que la clave es el cambiar como el trabajo es realizado para que la reducción del costo de la mano de obra sea posible mientras se mantiene o incluso se mejora el rendimiento con respecto a otras medidas importantes como lo son la calidad y el servicio. Mediante herramientas y metodologías se busca el hacer cambios fundamentales para trabajar con los procesos y sus estructura para eliminar el desperdicio y los pasos del proceso que no añaden ningún valor al producto, y significativamente reducir el tiempo de la mano de obra que emplea un producto de manera responsable y duradera. Existen numerosas formas de reducir el costo o tiempo de la mano de obra, esto incluye la adaptación de nuevas tecnologías, automatización de ciertas operaciones, el desarrollar un mapa del proceso e identificar la forma de producir más eficientemente, ofrecer retiro temprano de los empleados más viejos y mejor pagados, considerar el reducir o eliminar los beneficios a los operarios, establecer nuevas fuentes de recursos y entrenamientos o incluso hasta el uso de fuentes de outsourcingde ciertos trabajos en áreas de bajo costo.

### **2.7. Definiciones Financieras**

Durante este sub-capítulo se pretenden ampliar los términos y definiciones financierasutilizadas durante el desarrollo de esta investigación.

### ***2.7.1. Los Estados Financieros***

Antonio Redondo (1998) en su libro Contabilidad General y Superior describe los reportes básicos utilizados como herramientas básicas necesarias para entender el comportamiento financiero de una compañía. De la misma forma explica la relación entre estas herramientas para su mejor entendimiento.

Los estados financieros representan el producto final del proceso contable y tienen por objeto, presentar información financiera para que los diversos usuarios de los estados financieros puedan tomar decisiones eficientes y oportunas. La información financiera que tales usuarios requieren se enfoca primordialmente en la:

- Evaluación de la rentabilidad
- Evaluación de la posición financiera, que incluye su solvencia y liquidez
- Evaluación de la capacidad financiera de crecimiento
- Evaluación del flujo de fondos

Los principales estados financieros son el balance general, el estado de resultados, y el estado de flujo de efectivo.

#### ***Balance General***

El balance proporciona información sobre los activos, pasivos y neto patrimonial de la empresa en una fecha determinada. A la izquierda, en la hoja del balance, aparecerán los activos de la empresa, ordenados de menor a mayor liquidez. En el lado derecho se reflejarán los pasivos de la empresa, ordenados de menor a mayor exigibilidad. El neto patrimonial refleja lo que queda de la empresa tras compensarse activos y pasivos.

Los activos se pueden dividir en activo circulante e inmovilizado. El activo circulante viene determinado por aquellos activos que pueden hacerse líquidos o bien

convertirse en dinero, con relativa rapidez; estos activos incluyen el dinero en caja, las cuentas corrientes, los pagos pendientes, los productos almacenados y las inversiones a corto plazo en acciones y bonos. El inmovilizado está constituido por los activos físicos de la empresa como los terrenos, edificios, maquinaria, vehículos, equipos informáticos y mobiliario. En el inmovilizado también se incluyen las propiedades que tiene la empresa en otras y activos intangibles como las patentes y las marcas registradas.

Los pasivos son las obligaciones de la empresa hacia terceros, como pueden ser los acreedores comerciales. El pasivo exigible a corto plazo viene determinado por lo que hay que pagar en un periodo inferior al año, incluyendo impuestos, préstamos a corto plazo y el dinero adeudado a los proveedores de bienes y servicios. El pasivo exigible a largo plazo está constituido por las deudas con plazo de vencimiento superior al año, como los bonos, las hipotecas y los préstamos a largo plazo. Cuando la empresa pertenece a una sola persona o a un reducido número de individuos, en el balance puede aparecer el porcentaje de cada individuo sobre el capital social. Cuando la organización se constituye en sociedad anónima, el balance refleja el capital social total, es decir el capital al que tienen derecho los accionistas, desglosado en dos grandes categorías: (1) el capital desembolsado por los accionistas y (2) las reservas creadas a partir de los beneficios no distribuidos generados por la actividad de la empresa.

#### *Estado de Resultados*

El estado de resultados refleja el resultado, obtenido a partir del desarrollo de la actividad de la empresa en un plazo determinado, ya sea el trimestre o el año, reflejando los ingresos, gastos y pérdidas y beneficios obtenidos durante ese periodo por la empresa. Los ingresos reflejan las cantidades obtenidas por la venta de los bienes o

servicios producidos por la empresa, mientras que los gastos reflejan todas aquellas transacciones que hacen posible que la empresa desarrolle su actividad, por lo que en ellos se incluyen los salarios, los alquileres, el pago de intereses y los impuestos.

El análisis de todos los conceptos que forman el Estado de Resultados, determina los siguientes conceptos de utilidad:

- Ventas menos costo de lo vendido, es igual a Utilidad Bruta en mercancías
- Utilidad bruta en mercancías menos gastos de venta, es igual a Utilidad sobre ventas
- Utilidad sobre ventas menos Gastos de Administración, más Productos financieros, menos gastos financieros, es igual a Utilidad en Operación
- Utilidad en operación más productos diversos, menos gastos diversos es igual a Utilidad neta o líquida

#### *Estado de Flujo de Efectivo*

El estado de flujo de efectivo es uno de los documentos más importantes para el cabal funcionamiento de las operaciones de una empresa. Este documento muestra cuánto efectivo necesitará el negocio durante un cierto período de tiempo. En otras palabras, el estado de flujo de efectivo establece que la información sobre flujos de efectivo es útil para proveer al usuario de los estados financieros bases para evaluar la habilidad de la empresa para generar efectivo y equivalentes de efectivo y las necesidades de la empresa para utilizar esos flujos de efectivo.

El estado de flujo de efectivo es importante entre otras cosas por lo siguiente:

- Es usado por los prestamistas para determinar su capacidad para pagar las deudas
- Es una herramienta útil, ya que descubre los aspectos que le pueden estar causando problemas de liquidez. Si se tiene mucho dinero invertido en inventario, o no se han

estado cobrando sus cuentas debidamente, ello podría ocasionar daños en la estructura financiera del negocio

*Relaciones entre los Diferentes Estados Financieros*

*Estado de Resultados y Balance General:* El estado de resultados refleja la utilidad o pérdida neta para un periodo de tiempo determinado. Si el resultado es ganancia ésta podría capitalizarse o ser repartida entre los socios de la empresa, lo que originará un incremento en el capital contable en el balance general, afectando su contraparte el activo circulante si este resultado no se ha invertido en otro tipo de activo. Por el contrario, si el resultado ha sido pérdidas esta tendrá que ser absorbida por los socios en una cuenta que resta el capital contable denominada déficit.

*El Estado de Resultados y el Estado de Flujo de Efectivo:* El estado de resultados está compuesto de cuentas como las de costo de ventas o inventario, gastos de operación, etc. Cuando se utiliza mucho efectivo para comprar materiales, o si tiene muchas cuentas sin cobrar, puede ocasionar una falta de efectivo. Si el negocio necesita fondos para pagar préstamos o hacer pagos a proveedores, dicho negocio puede estar en peligro. Mantener al día el dinero que entra y el dinero que sale, es a lo que se denomina estado de flujo de efectivo.

Concretamente los estados financieros aunque persiguen diferentes propósitos, están íntimamente ligados. Por ejemplo las cuentas relacionadas con el saldo neto definitivo del estado de resultados tienen que estar reflejado exactamente en la sección del capital contable del balance general. Por otro lado, los movimientos de efectivo que refleja el estado de flujo de efectivo tienen que cuadrar exactamente con los saldos expuestos en la partida de disponible del activo circulante en el balance general.

### ***2.7.2. Indicadores Financieros o Razones Financieras***

Un indicador financiero es una relación de las cifras extractadas de los estados financieros y demás informes de la empresa con el propósito de formarse una idea como acerca del comportamiento de la empresa; se entienden como la expresión cuantitativa del comportamiento o el desempeño de toda una organización o una de sus partes, cuya magnitud al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se tomaran acciones correctivas o preventivas según el caso.

La interpretación de los resultados que arrojan los indicadores económicos y financieros está en función directa a las actividades, organización y controles internos de las Empresas como también a los períodos cambiantes causados por los diversos agentes internos y externos que las afectan.

Los cuatro estándares de comparación utilizados en el análisis de razones son:

- Estándares mentales del analista, comprende al criterio de este basado por la experiencia y sus conocimientos.
- Los registros históricos de la empresa; es decir indicadores de otros años.
- Los indicadores calculados con base a los presupuestos o los objetivos propuestos para el periodo en estudio.
- Los indicadores promedio del sector el cual pertenece la empresa.

(Pascale,1999).

### ***2.7.3. Costo de Conversión***

Se aplica a la producción a base de prorratio o derrama en las unidades elaboradas en un periodo determinado. El costo de conversión son las erogaciones necesarias para convertir la materia prima en producto elaborado. Consiste en conjuntar los llamados

salarios directos con los gastos de fabricación, cuando los salarios pagados al personal ligado directamente con la fabricación, es de relativa importancia en relación con los otros elementos de la producción. Por lo que el costo de producción equivale al costo del material directo más el costo de conversión.

#### ***2.7.4. Costos Fijos***

Aquello que pertenece en constante, cualquiera que sea el nivel de producción. Gastos incurridos, por diversos conceptos, cuyos montos no variaran en relación con el volumen de la producción o las ventas. Generalmente están en función de una capacidad determinada, así por ejemplo con el tamaño de una planta o con la estructura de ventas. También se le conoce como costo constante, costo regido o costo del periodo.

Costo que es fijo durante un tiempo determinado y para niveles de volumen dado. No depende de la calidad de bienes o servicios producidos durante el periodo,.

#### ***2.7.5. Costos Variables***

Aquel que varía en relación directa con el volumen de producción o ventas. Su magnitud cambia en relación directa con el grado de actividad de la empresa.

Costo que varía directamente con el volumen de producción y comercialización; es cero cuando la producción es cero (Páscale,1999).

#### ***2.7.6. Margen Bruto***

Diferencia entre el precio de venta y el costo de producción o de adquisición (Páscale, 1999).

### **3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN**

El capítulo aquí presente tiene como objetivo dar a conocer las bases de la problemática a resolver que es abordada mediante una de las herramientas de mejora continua como lo es la metodología Seis Sigma, la cual en conjunto con las diferentes variables (financieras y del producto) buscan verse reflejadas e impactar la situación financiera de dicho corporativo global optimizando el desempeño de los costos de las cuentas que representan mayor influencia; todo lo anterior con el objetivo de mejorar la competitividad de la empresa sin que esta ceda la calidad de la misma o del producto.

El objeto de estudio es la reducción de costos en el desarrollo y producción de arneses para la industria aeroespacial.

#### **3.1. ¿Por qué Invertir Recursos para la Reducción de Costos en el Producto?**

El entorno económico, globalizado hoy en día, sitúa a las empresas que ofrecen mercancías, *commodity* en inglés, en un mercado altamente competitivo en el que el comportamiento financiero que estas tengan se puede potencialmente convertir en un factor de importancia al momento de realizar cotizaciones y postulaciones con la finalidad de obtener contratos como proveedores.

La reducción de costos a través de metodologías es hoy en día un camino para mejorar el desempeño financiero de muchas empresas, ya sea para obtener un mayor margen bruto en sus productos o para reducir los precios de sus productos a sus compradores y así ser más competitivos e incrementar sus ventas. De esta forma, se busca tener una influencia en sus resultados financieros al aumentar las ganancias o las ventas por lo expuesto anteriormente. En economías globales, el parámetro que las compara es un costo global llamado costo de conversión. El objetivo de tener una mejor

posición con respecto al costo de conversión, se enfoca en mantener y hacerse de nuevos negocios y así conservar las fuentes de trabajo y mejor aún generar nuevas.

El costo de conversión se entiende como los costos relacionados a la transformación de los materiales directos en productos terminados, por lo tanto el costo de conversión se subdividen en cuentas específicas que se catalogan de acuerdo al tipo de costo que puede ser fijo, variable o por gente. La herramienta Seis Sigma ayudara a identificar la mejor oportunidad para tener un impacto mayor en el costo de producción mediante la menor inversión posible.

### **3.2. Objetivo General**

El objetivo de este proyecto es presentar el impacto financiero que representa la aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir costos a un proyecto de desarrollo, validación y producción de arneses para la industria aeroespacial que se encuentra en la etapa de investigación y desarrollo (R&D, research and development por sus siglas en inglés).

Asimismo, el proyecto busca también el mejoramiento del desempeño del costo de conversión, margen bruto y EBITDA (*Earning Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization* por sus siglas en inglés), todo esto siguiendo la metodología de Seis Sigma. La reducción de costos se puede lograr mediante la reducción de las variables de producción en base a una producción anualizada durante todas las etapas del producto, desde introducción hasta declive en el mercado.

### **3.3. Variables del Proyecto**

De acuerdo al alcance del proyecto expuesto en este capítulo de la presente investigación y con la intención de que el lector de la misma ponga especial atención en

ellas, a continuación se describen las variables principales que fueron tomadas en cuenta durante la realización del proyecto de mejora continua aquí descrito.

- **Costos Totales:** pueden clasificarse en costos fijos y costos variables, de acuerdo al comportamiento que cada uno tenga en cuanto al volumen de producción. Estos pueden ser desde los materiales y/o componentes para la fabricación o ensamble del producto, la mano de obra requerida para dicha fabricación o ensamble y el costo de la energía eléctrica para producir
- **Costos Fijos:** Son aquéllos ligados a las características del proyecto y no dependen del volumen de producción o unidades producidas, para nuestro estudio específico este concepto se refiere al costo que incurre en lo referente a la planta para la fabricación o ensamble de los arneses
- **Costos variables:** Estos costos están en función del volumen de producción. Los costos variables en los que esta disertación prestara especial atención son el costo de los componentes/materiales que serán ensamblados para la producción de los arneses descritos anteriormente así como el costo asociado a la mano de obra requerido para cada uno de ellos la cual dependerá de las características del producto
- **Horas de producción:** Dependen directamente de los requerimientos del cliente y de la capacidad instalada de la línea de producción
- **Volumen de ventas:** Es un reflejo de los requerimientos del cliente ya que por políticas solamente se produce lo vendido. Sistema Pull

### **3.4. Herramientas para Obtener y Evaluar los Ahorros**

La herramienta primaria que es utilizada para validar el impacto de la metodología del Seis Sigma en la empresa y producto descritos es un estado de resultados con características variables, esto con la finalidad de simular los diferentes escenarios que permitan observar el desempeño de los costos variables en periodos a corto y largo plazo.

La forma en que se justifican los objetivos planteados es mediante la herramienta denominada metodología Seis Sigma, la cual se desarrolla en 5 pasos: Definir (Define), Medir (Measure), Analizar (Analyze), Mejorar (Improve) y Controlar (Control).

En el desarrollo del proyecto se utilizan herramientas de mejora continua como Análisis de causas y efectos, Mapeo del proceso e Reportes de procesos. Se hace uso también de conceptos estadísticos como Boxplot y gráficos de Pareto. El uso del software Minitab15 facilita la obtención de datos estadísticos que permiten la comparativa entre estados actuales, deseados y la variación del proceso (repetitividad Vs. reproducibilidad).

### **3.5. Alcance y Tipo de Investigación**

El alcance comprende el impacto financiero generado al aplicar la metodología Seis Sigma a arneses para la industria aeroespacial durante su etapa de desarrollo, validación y producción; dicho impacto financiero pretende demostrarse en el estado de resultados aplicable.

El tipo de investigación que se utiliza es bibliográfica-cuantitativa. Se utiliza un método cuantitativo a través del cual se determina el monto de ahorro generado al aplicar este proyecto y el impacto financiero que éste genera. Se puede ver cómo los indicadores financieros como EBITDA, Margen Bruto y principalmente el Costo

de Conversión se pudieran modificar al haber cambios en las variables como los costos variables de la planta.

## **4. ANÁLISIS FINANCIERO DEL CASO**

El presente análisis financiero del proyecto de mejora continua mediante el Seis Sigma se basa en las variables que incurren en el costo de conversión y los costos variables del producto de estudio y como estos se ven reflejados en el estado financiero de la empresa.

Se muestra un modelo matemático, el cual permite visualizar como las diferentes variables tienen su efecto en cada una de los indicadores financiero a lo largo de los años basado en una venta anual estimada del producto. Esta herramienta es desarrollada en Microsoft Excel 2010.

Asimismo, se muestran los pasos de la metodología DMAIC del Seis Sigma aplicadas al producto específico, y como el proyecto y la metodología tienen su impacto financiero en los ahorros generados en el estado de resultados de la empresa de estudio. Para el desarrollo del proyecto de Seis Sigma se utilizan herramientas y conceptos estadísticos y el Minitab<sup>15</sup> principalmente. El impacto financiero de los posibles ahorros generados se demuestran por medio del proyecto de Seis Sigma: Incremento en el rendimiento financiero de arneses para la industria aeronáutica durante su etapa de desarrollo, validación y producción.

### **4.1. Descripción del proyecto**

El título del proyecto Seis Sigma tiene por nombre, incremento en el rendimiento financiero de arneses para la industria aeronáutica durante su etapa de desarrollo, validación y producción. Durante esta parte del presente documento se demuestra cómo fue aplicada la metodología del Seis Sigma DMAIC a arneses para la industria aeronáutica que se encuentran es su etapa de validación, desarrollo y producción para

así llegar a los ahorros que éste representa para la empresa y como este lugar a una mejor situación financiera.

De acuerdo a la Tabla 4.1 se muestran las herramientas utilizadas en el proyecto Seis Sigma.

Tabla 4.1

*Herramientas utilizadas en el proyecto Seis Sigma*

Definición		Medición	
	Y=f(X)	X	E. de pescado
X	Mapeo del proceso	X	Mapeo
X	Apoyo Técnico		Mejoras Rápidas
	AMEF		Pareto
	QFD		AMEF
	Benchmarking		Diagrama árbol
	Diagrama Parámetros	X	Gage R & R
	Pareto		Linea Base
Análisis		Mejora	
	Diagrama Dispersión		Optimización
	Histograma		A. Regresión
	Pareto	X	Tolerancias
X	E. de pescado	X	DOE
	Prueba F		AMEF
	Prueba X		<b>Control</b>
	Anova	X	Manejo de Riesgos
	AMEF		Plan Contingencia
	A. Regresión		Auditoria Final
	Tolerancias	X	Plan Control Calidad

Fuente: Elaboración propia.

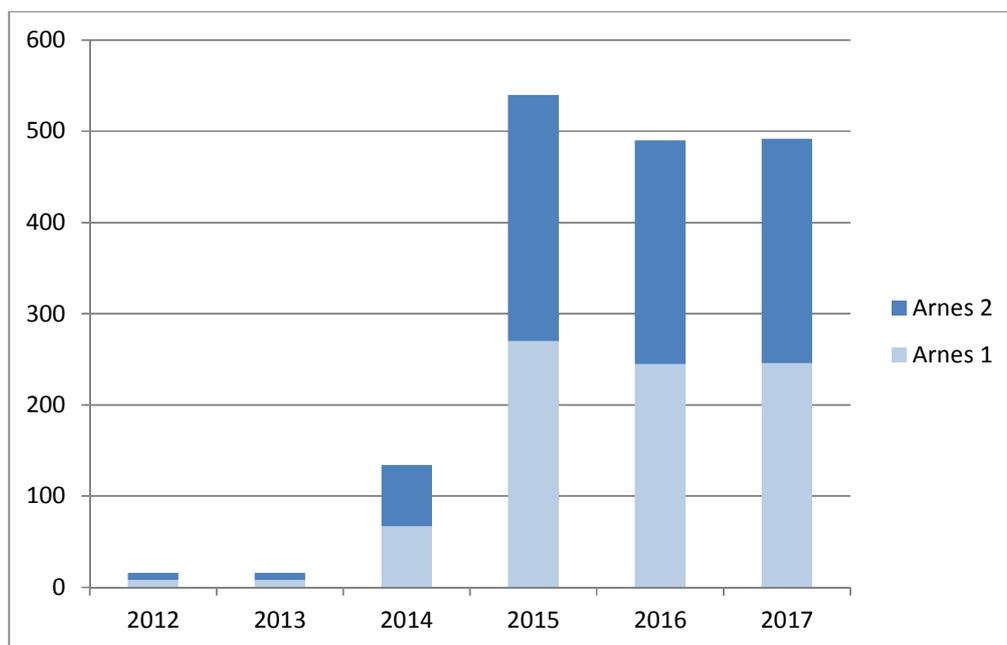
**4.1.1. Fase Definir**

La fase de definir tiene como objetivo identificar el proyecto o producto a mejorar, determinar la problemática, demostrar a la compañía lo importante y necesario que es el proyecto para la compañía así como las expectativas del proyecto de Seis Sigma.

*Argumento comercial*

Este proyecto es importante para la empresa debido a que pretende elegir la mejor decisión, financieramente enfocada, para la construcción y diseño de arneses para la industria aeronáutica de un proyecto/configuración en específico que se encuentra en la etapa de diseño, validación y producción. Este proyecto pretende tener el de ventas durante los próximos años de la Figura 4.1. Este estimado está basado en los motores que se producirán y venderán. Así mismo, en la Figura 4.1 se aprecia el ciclo de vida de los arneses para este proyecto, el cual alcanza su etapa de madurez en el año 2015 con un total de 540 unidades a lo largo de ese año.

*Figura 4.1. Pronóstico de Ventas*



Fuente: Elaboración propia.

*Planteamiento del Problema*

Existen diferentes oportunidades que se tienen en cuanto a las diferentes variantes en la construcción de arneses para la industria aeronáutica debido a las diferentes

configuraciones que existen y a las diferentes condiciones ambientales y de rendimiento a los que éstos serán sometidos, vibración, humedad, temperaturas de operación, entre otros, siendo estos últimos requerimientos directos del cliente y de la aplicación específica. Durante años y con la intención de estar a la vanguardia de la industria se ha optado por las tecnologías de punta sin estas, ser las características críticas del cliente y/o del producto; es la intención de este proyecto el definir las características críticas de un determinado proyecto para arneses para la industria aeronáutica para así reducir el costo de dichos arneses y proyecto en base a los requerimientos críticos de un cliente en específico. Lo anterior es posible debido a que el proyecto se encuentra en su etapa de definición, validación y producción preliminar de desarrollo o prototipos, antes de que el producto sea transferido a la línea de producción masiva.

#### *Estimación de Ahorros y Declaración de la Meta*

Actualmente dichos arneses tienen un costo de \$1,690.84 USD, Dólares de los Estados Unidos de América, UnitedStatesDollars por sus siglas en inglés, por concepto de materiales principales como lo son conectores, backshells y adaptadores por cada conjunto de arneses para 1 motor y durante el 2013 se esperan ventas estimadas por \$13,526.72 USD (8 sets) por el mismo concepto, sin embargo el costo aumentará durante los años subsecuentes debido a la estimación de ventas y a que dicho producto alcanzará su etapa de madurez. Es la intención de este proyecto el reducir el costo de materiales, y subsecuentemente de procesos, de cada conjunto de arneses en un 27%, esto debido al estudio realizado preliminarmente y en base a la producción estimada para este año 2012. La Tabla 4.2 muestra el costo actual de los materiales del producto, el costo de los materiales después del proyecto de Seis Sigma y el costo que pretende

consumir el proyecto de Seis Sigma; lo anterior está basado en datos del año en curso, esto debido a la facilidad para la realización de los cálculos.

Tabla 4.2

*Estimación de ahorros inicial*

Lider: _____	Tasa de Cobro Ingeniero: <b>\$35.00</b>
Proyecto: _____	

Elemento	Proceso Actual	Costo Actual	Proceso Nuevo (Metodología 6S)	Costo Nuevo
Numero Total de <b>Sets de Arnese</b> s en 2012	8	\$ 1,690.84	8	\$ 1,227.19
Numero Total de <b>Arneses 2</b> in 2012	0	\$ -	0	\$ -
Costo Total	-----	\$ 13,526.72	-----	\$ 9,817.52
Total de Arnese	8.0	-----	8.0	-----
Tiempo y costo del Proyecto (hrs de igrneria)			5	\$ 175.00
<b>TOTAL DE AHORROS</b>		Año actual		\$ 3,709

NOTE:

Fuente: Elaboración propia.

Basado en la información generada hasta el momento (calculo estimado), los ahorros se presentan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3

*Resumen de Ahorros*

Descripción	Unidades	Estimación Original
Estimación de Ahorros Anual (EA)	USD	3,709
Costo del Proyecto (CP)	USD	175
ROI (Retorno sobra la Inversión)	EA / CP	21.20

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el ROI es mayor o igual a 2.0, este proyecto se considera rentable y por lo tanto será desarrollado.

#### *Alcance del Proyecto Seis Sigma*

El proyecto se aplica a la línea de producción específica la cual ensambla arneses para la industria aeronáutica el cual se encuentra en su etapa de desarrollo, validación y producción.

#### *Declaración de la oportunidad*

Debido al alto costo del producto y en base a su estimación de ventas anuales durante los siguientes años es necesario disminuir los costos del producto durante su etapa de desarrollo en base a las diferentes variables del diseño del producto. El realizar la reducción de costos en esta etapa del proyecto permite al producto ser validado con este diseño, realizar la reducción de costos en una etapa posterior, es complicado debido a que la validación del producto debe repetirse y/o sustentarse.

#### *Equipo de Trabajo y Roles*

Debido a la importancia en definir los roles y las responsabilidades de los miembros del equipo que ejecutaran el proyecto, a continuación se listan.

- Ingeniero del Proyecto de Arnese, líder del proyecto
- Gerente de Ingeniería de Arnese, patrocinador e interesado
- Black Belt del Área, soporte técnico
- Ingeniero de Manufactura, soporte técnico
- Ingeniero de Compras, soporte técnico
- Ingeniero en Jefe, soporte técnico
- Cliente, usuario

*Identificación de las Características Críticas de Calidad*

En la voz del cliente se determinan las variables que encaminan el proceso de mejora hacia la parte medible.

Utilizando la herramienta de árbol dedesglose, se identificó el área de oportunidad y el área específica en la cual se trabaja. En la Figura 4.2 se muestra el mapeo general del proceso de desarrollo, validación y producción de arneses.

*Figura 4.2.Árbol de Desglose del Producto/Proceso*



Fuente: Elaboración propia.

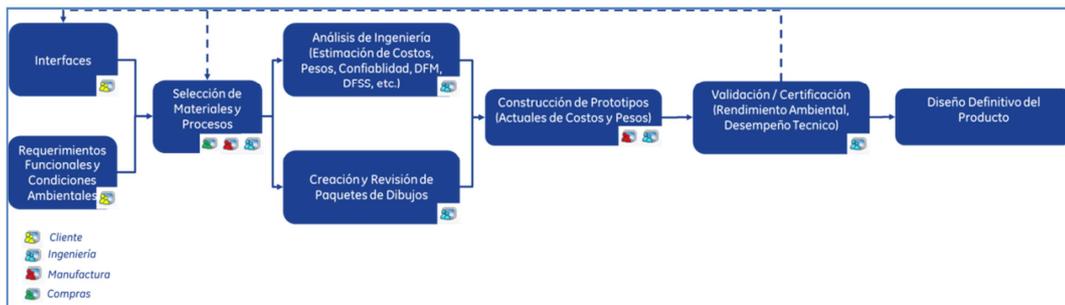
La característica crítica de calidad (CTQ, CriticaltoQuality por sus siglas en inglés) se encuentra en la Productividad, es decir el costo de los arneses, debido a que es el factor clave para este proyecto.

*Mapeo del Proceso*

El mapeo del proceso se realiza con la intención de tener una visualización de los pasos, las operaciones y los eventos que se realizan durante el proceso; esto con la intención de entender el proceso y verificar el alcance definido. Para esto se utilizan las herramientas de mapeo del proceso y experiencia del equipo de trabajo.

En la Figura 4.3 se muestra el mapeo del proceso de la definición del producto así como cada una de las partes involucradas en cada paso de él.

*Figura 4.3. Mapeo del Proceso*



Cliente	Salida	Proceso	Entradas	Proveedor
<ul style="list-style-type: none"> <li>Departamento de Ingeniería de la compañía contratante</li> <li>Departamento de Manufactura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arnés para la industria aeronáutica de acuerdo a requerimientos del cliente a un precio determinado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El departamento de ingeniería define las características físicas del arnés con los requerimientos del cliente</li> <li>El departamento de manufactura construye el arnés en base a las instrucciones del departamento de ingeniería</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interfaces</li> <li>Requerimientos funcionales</li> <li>Condiciones ambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Empresa global líder de arneses de señal y control para la industria aeronáutica y del transporte</li> </ul>

este

Fuente: Elaboración propia.

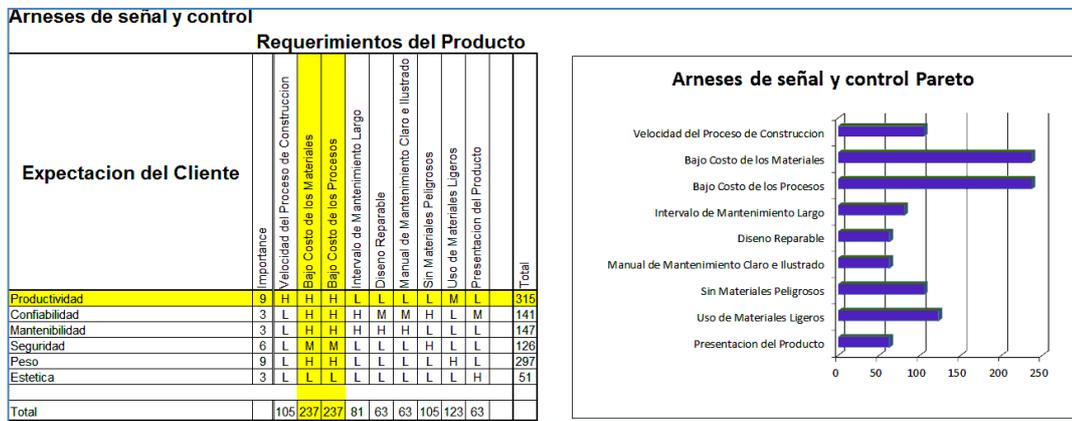
**4.1.2. Fase Medir**

Los objetivos de la etapa de medición son el identificar la Y del proyecto así como las X's, definir los estándares de rendimiento para la determinada X, incluyendo los límites de especificación así como la definición de defectos y oportunidades, el validar el sistema de medición y el reunir datos.

*Selección de las Características Críticas de Calidad*

La definición de las características críticas de calidad se identifica mediante las herramientas de la casa de la calidad (QFD, *QualityFunctionalDeployment* por sus siglas en inglés) y mediante un análisis de Pareto. La casa de la calidad identifica y traslada los deseos del cliente a especificaciones técnicas medibles del producto; el análisis de Pareto realiza una comparación cuantitativa y ordenada para separar las características vitales del resto. La Figura 4.4 muestra ambas herramientas y sus resultados.

Figura 4.4. QFD y Análisis de Pareto



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la Figura 4.4 demuestra que la Y del proyecto es la Productividad y las Xs son el Bajo Costo de los Materiales y el Bajo Costo de los Procesos. Es decir, Lo más importante para el cliente es la productividad, esto traducido a requerimientos medibles

en el producto se refiere a el bajo costo en los materiales y procesos que se busca obtener en los arneses eléctricos y de señal de este proyecto, esto sin disminuir el funcionamiento y rendimiento del arnés mismo ya que existen requerimientos con los que se deben de cumplir.

#### *Definición de las Características Críticas*

La definición de operación de una unidad y su respectiva oportunidad así como los objetivos y sus límites se obtienen mediante las herramientas voz del cliente, el diseño mismo y la experiencia del equipo de trabajo.

**Definición Operacional.** La expectativa del cliente fue traducida en características medibles del producto mediante el QFD; el QFD se realizó y el bajo costo de los materiales y procesos es la expectativa del cliente, esto significa que la unidad de medición será USD (\$), datos continuos.

**Oportunidad.** Cada costo final (costo de conversión) de un arnés de este proyecto.

**Defecto.** Cada arnés que se salga fuera del costo meta establecido en más de un 10%.

#### *Estándares de Rendimiento*

En esta sección la meta es el indicar las fuentes de información del problema al entender las condiciones del proceso actual y sus problemas. Por lo tanto, es una función imprescindible la de la etapa de medición el establecer los niveles de capacidad actuales. Las herramientas utilizadas para este proyecto en esta etapa son la recolección de datos y sus resultados.

**Plan de recolección de datos:** Mediante el sistema ERP (Enterprise ResourcePlanning) de la compañía se pretende identificar los costos históricos de un

arnés por determinado número de parte y número de serie interno de la compañía. El reporte que el sistema ERP arroja, divide el costo del arnés en el costo por materiales y el costo por mano de obra. La Figura 4.5 muestra un ejemplo del reporte mencionado.

Figura 4.5. Reporte de Costos

Item	Cost Type	Unit Cost	Material	Material Overhead	Resource	Outside Processing	Overhead	COGS Account	Sales Account	Make / Buy	Include li
512218.2	Average	10267.76517	2774.86331		1053.44546		6439.45639	2B.R12110.00000.R70.0	2B.R01100.00000.R70.	Make	<input checked="" type="checkbox"/>
512218.2	Average-12	14373.40740	2999.99768		1698.95834	0.00000	9674.53138	2B.R12110.00000.R70.0	2B.R01100.00000.R70.	Make	<input checked="" type="checkbox"/>
512218.2	Target	11206.48679	2311.99498		1185.93224	0.00000	7708.55957	2B.R12110.00000.R70.0	2B.R01100.00000.R70.	Make	<input checked="" type="checkbox"/>

Item Description: HARNES, MAIN      UOM: EA  
 Cost Type Description: Average Cost Type      Default Cost Type: Average

Views    Costs    New    Open

Fuente: Sistema ERP de la compañía (2012)

Resultados: Actualmente un arnés de similares características tienen un costo de \$10,267.76 USD, el 27% corresponde a costo por materiales (\$2,774.86 USD) y el 63% corresponde al costo por mano de obra y costo de la planta (\$7492.89 USD).

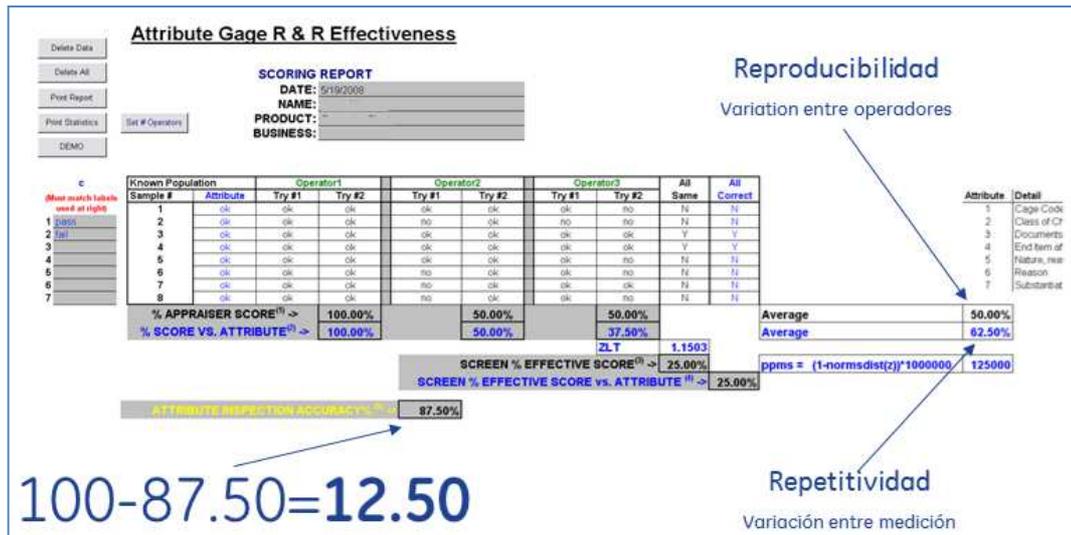
*Validación del Sistema de Medición*

La intención de la validación del sistema de medición anteriormente descrito cuando se establecieron los estándares de rendimiento es la de analizar el comportamiento de los datos desde un punto de vista estadístico para así saber cómo tratarlos, es también el objetivo de la validación del sistema de medición el eliminar cualquier posible variación fuera de lo común de los datos recolectados.

El reporte que define los estándares y la capacidad del proceso es analizado con la intención de identificar el tipo de datos con que se cuentan, este reporte indica la variación que se tiene por el costo de los materiales así como las variaciones que existen

en el costo por mano de obra. Debido a que los datos obtenidos son continuos se utilizará un análisis de atributos de repetitividad y reproducibilidad (Gage R&R) para validar el sistema de medición. La Figura 4.6 muestra el análisis.

Figura 4.6. Análisis de Atributos Repetitividad y Reproducibilidad.



Fuente: Elaboración propia.

El criterio de decisión para un análisis de atributos de repetitividad y reproducibilidad es: de 10% a 30% un sistema de medición aceptable es reflejado.

El resultado del análisis para este proyecto es 12.5%, esto indica un sistema de medición de datos normales correctos.

### 4.1.3. Fase Analizar

Los objetivos de la etapa de analizar son el entender las capacidades del proceso actual, establecer una meta de mejora (los objetivos de rendimiento), estudiar la forma, estabilidad, centro y distribución del proceso, determinar las X vitales que tienen mayor impacto sobre la Y del proyecto y hacer recomendaciones para la etapa de mejora.

### *Establecimiento de las Capacidades del Proceso*

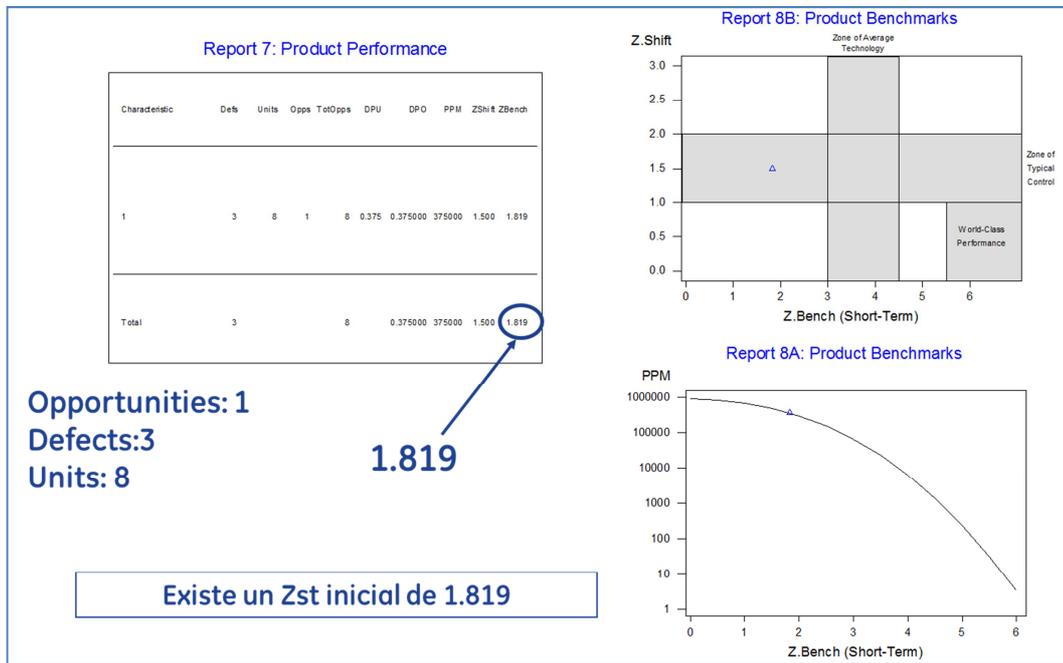
Las capacidades del proceso pretenden definir las variaciones de los costos de los arneses en el sistema ERP, debido a que éste es un proyecto de desarrollo y no ha habido un número considerable de construcciones se utilizara como fuente de información un proyecto de características similares, desde el punto de vista del producto como tal, que se encuentre en la etapa de producción para así obtener una mayor numero de datos y analizarlos.

Las siguientes definiciones deben de ser tomadas en cuenta:

- Unidades: Conjunto de arneses para 1 motor
- Oportunidad: Cada conjunto de arneses para 1 motor construido
- Defecto: Cualquier conjunto de arneses para 1 motor fuera de costo meta definido en la etapa de medición

Mediante el uso del software Minitab y con la definición de los datos anteriores, se obtienen las capacidades actuales del proceso. La Figura 4.7 presenta los siguientes reporte estadísticos: rendimiento del producto y los puntos de referencia (*benchmark*).

Figura 4.7. Capacidades del Proceso Actual



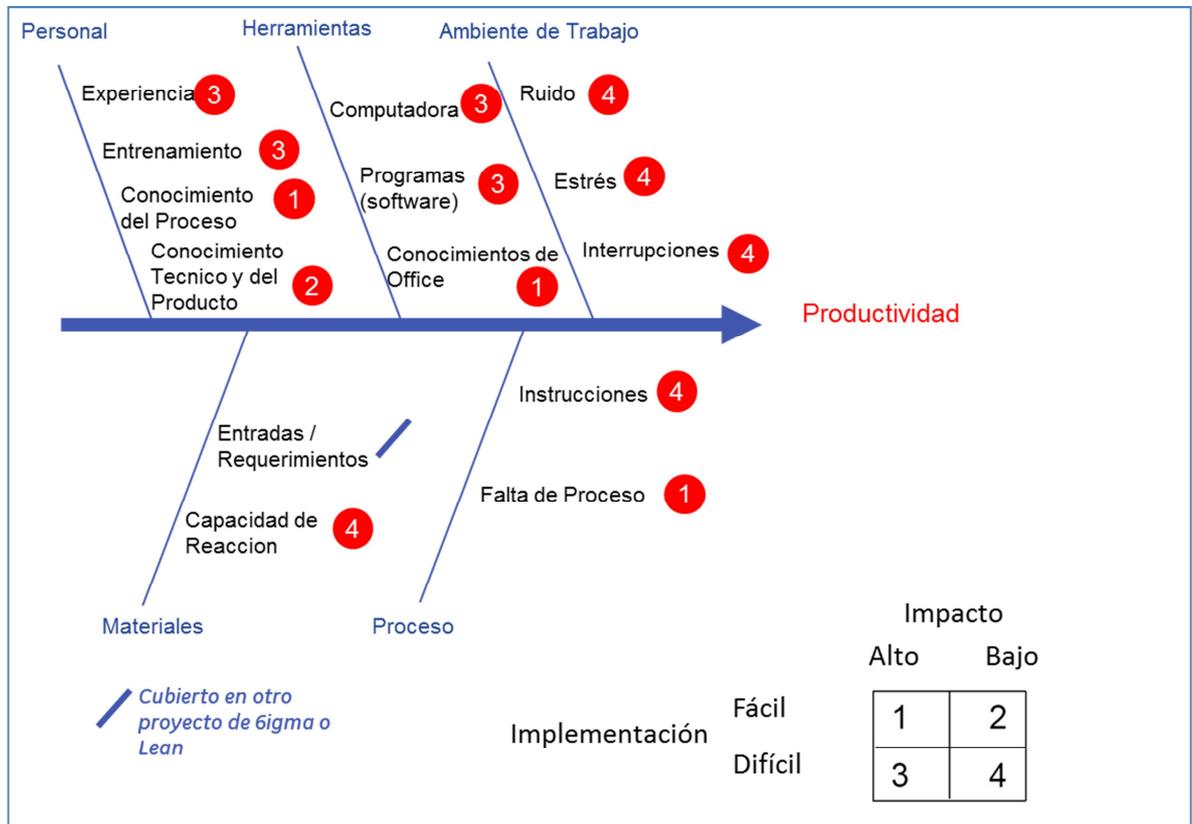
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura 4.7, la capacidad del proceso está representada por una Zst de valor 1.819 (el valor de Z es el valor del número de las sigmas).

#### Identificación de las Fuentes de Variación

Mediante un diagrama de causa y efecto se identifican las posibles fuentes de variación que más afectan a la Y del proyecto, Figura 4.8.

Figura 4.8. Análisis de Causa y Efecto – Fuentes de Variación



Fuente: Elaboración propia.

Así, el análisis de causa y efecto proporciono las posibles fuentes de variación, siendo estas:

- Conocimiento del Proceso
- Conocimiento Técnico y del Producto
- Conocimiento de las Herramientas de Office
- Falta de un Proceso

#### 4.1.4. Fase Mejorar

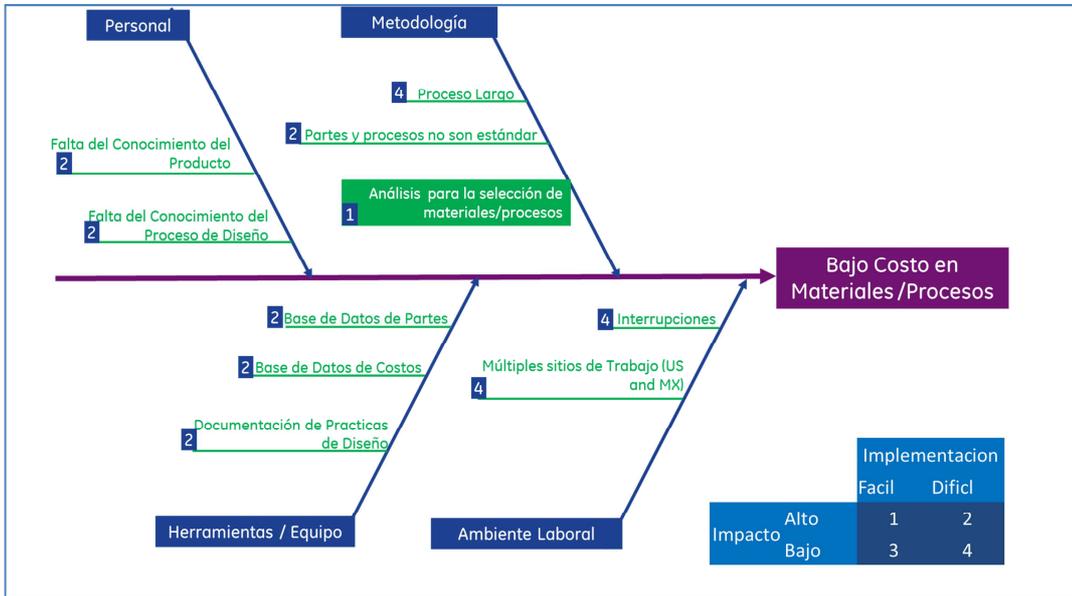
La etapa de mejora pretende llevar a cabo los últimos pasos hacia la mejor solución posible para el problema y con los recursos y datos disponibles en el momento. También

la etapa de mejora tiene como objetivo lo siguiente: desarrollar y proponer una solución, identificar una estrategia de mejora y experimentarla para proponer una solución; cuantificar las oportunidades financieras; ejemplificar la solución, incluye uno o más pruebas a pequeña escala de la solución en un escenario del negocio real; el planear y ejecutar a gran escala, incluido el entrenamiento requerido, soporte en los cambios de proceso y documentación.

#### *Identificación de las Causas Potenciales*

El diagrama de causa y efecto, Figura 4.9, es la herramienta utilizada para la identificación de las X vitales del proyecto. Mediante él se analizaron las posibles causas de la variación (X triviales identificadas en la etapa de analizar) para así llegar a las, estadísticamente más importantes, fuentes de variación (X vitales). La valoración se llevó a cabo mediante la escala también descrita en la Figura 4.8 la cual pondera la calificación de acuerdo a la implementación e impacto de cada una de las posibles fuentes de variación.

Figura 4.9. Diagrama Causa y Efecto- Causas Potenciales



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos mediante el diagrama de causa y efecto son las fuentes de variación más significativas para la Y del proyecto; éstas son: análisis para la selección de materiales y procesos.

*Descubrimiento de las Relación entre las Variables*

La meta final de este paso de la etapa Analizar es el determinar con precisión los cambios requeridos; se proponen las diferentes soluciones al problema que afecten en mayor medida las X vitales y por ende a la Y del proyecto. Además, se realiza un ejercicio muestra con la finalidad de correr una prueba con la herramienta propuesta y a su vez establecer las capacidades del proceso una vez implementada la solución así como las tolerancias del nuevo proceso.

La Tabla 4.4 es la matriz de decisión que se formuló después de una lluvia de ideas con los integrantes del equipo así como con los usuarios afectados.

Tabla 4.4

*Matriz de Decisión de las Posibles Soluciones*

	<u>Solución</u>	<u>Pros</u>	<u>Contras</u>
	Lista de instrucciones que manualmente indiquen los pasos a seguir para la realización del análisis de materiales y procesos requerido	Fácil de implementar	Muy bajo impacto, no existe un cambio significativo al proceso actual
	Realizar una base de datos automatizada que importe costos del sistema ERP automáticamente a las diferentes números de partes seleccionada	Proceso automatizado Alto impacto / Difícil de implementar	Requiere tiempo el obtener permisos en el sistema ERP  Nivel técnico alto de programación requerido
<input checked="" type="checkbox"/>	Establecer una plantilla pre-llenada de un análisis de costos y pesos para las diferentes combinaciones del diseño de acuerdo a los requerimientos del cliente	Nivel técnico medio Relativamente fácil de implementar y el proceso se vera afectado En lugar de automatizar, crea conocimiento técnico al usuario Deja precedencia y alinea con una posible automatización en un futuro	Requiere de la navegación en el sistema ERP para la obtención de datos de costos

Fuente: Elaboración propia.

La herramienta propuesta es la plantilla pre-llenada con el análisis requerido (tabla dinámica en Excel) para una correcta selección de materiales y procesos, esto con la finalidad de aumentar el conocimiento técnico de los usuarios y así afectar significativamente la Y del proyecto. Posteriormente, y como una mejora a largo plazo, esta plantilla pre-llenada se automatizara. La Tabla 4.5 muestra esta plantilla pre llenada la cual realiza el análisis de costos necesarios para una correcta decisión de materiales y procesos para el diseño de arneses.

Tabla 4.5

*Plantilla Pre-llenada de Análisis de Costos para Arneses*

Kiowa Harness					
CONNECTOR TYPE	BACKSHELL TYPE	ADAPTER TYPE	COST (USD)	PROCESS (DELTA USD)	WEIGHT (LBS)
ROLLED BACK SS CONNECTOR(H-rel Series II on Conns Plugs only)	ROLLED BACKSHELLS	ADAPTERS FOR THREADED & ROLLED BACK BACKSHELLS	355.06	30X	0.024
ROLLED BACK SS CONNECTOR(Standard Series II Amphenol Conns all)			233.06	30X	0
SS THREADED CONNECTOR(H-rel Series II Conns Plugs only)	TWO PIECE THREADED BACKSHELL / FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED & ROLLED BACK BACKSHELLS	351.63	30X	0.01
	TWO PIECE THREADED BACKSHELL / NO FILL HOLE COVER		561.93	30X	0.01
	ONE PIECE THREADED BACKSHELL	566.15	1X	0.05	
SS THREADED CONNECTOR(Standard Series II Amphenol Conns all)	TWO PIECE THREADED BACKSHELL / FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED & ROLLED BACK BACKSHELLS	354.58	30X	0.01
	TWO PIECE THREADED BACKSHELL / NO FILL HOLE COVER		564.62	30X	0.01
	ONE PIECE THREADED BACKSHELL	566.04	1X	0.05	

Fuente: Elaboración propia.

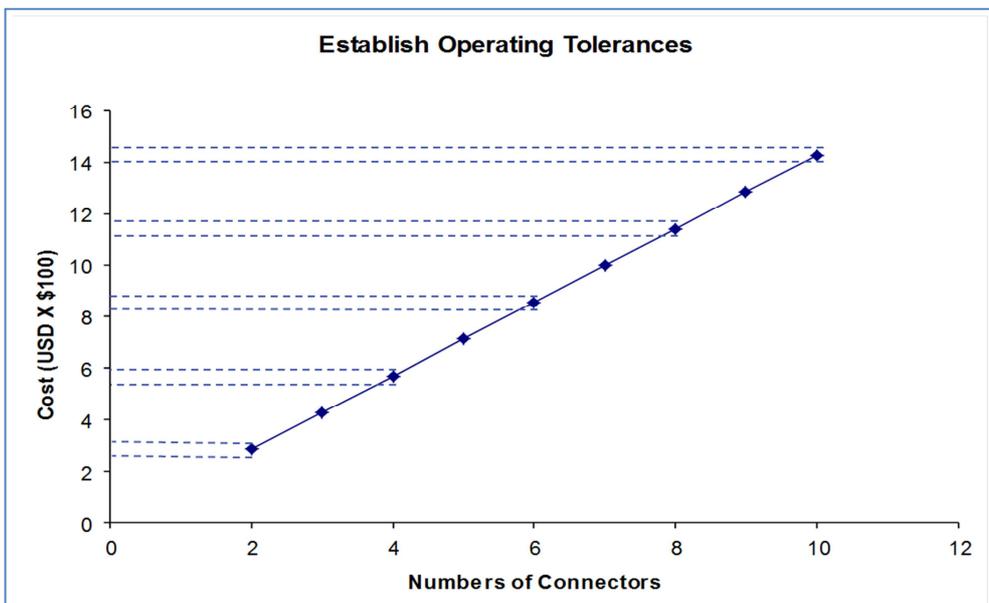
La plantilla pre-llenada de la Tabla 4.5 va guiando al usuario con las diferentes variables en la construcción de arneses, la población de los números de parte dependerán de los requerimientos específicos del cliente y de la aplicación. El usuario debe de llenar las diferentes hojas de cálculo embebidas en el archivo de Excel para así al final, analizar su mejor opción en cuanto a costo se refiere para su diseño específico como se muestra en la Tabla 4.5 la cual, muestra un ejemplo de selección de componentes y procesos con la finalidad de establecer las condiciones de operación después de la herramienta.

*Establecimiento de las Tolerancias de Operación*

Con la intención de caracterizar la relación entre la X y la Y del proyecto se realiza una prueba piloto, esta prueba se realiza en base a la determinación de la muestra aceptable calculada mediante métodos estadísticos. La simulación valida la meta de mejora después de que los cambios fueron implementados y establece las tolerancias de operación del nuevo proceso.

Con la intención de establecer las tolerancias de operación, un proceso de simulación es conducido, véase Figura 4.10, posteriormente se analizaron los datos obtenidos y se establecieron las variaciones aceptables en los costos, tolerancias operacionales, el análisis puede observarse en la Figura 4.10.

Figura 4.10. Tolerancias Operacionales



Fuente: Elaboración propia.

El costo de los arneses es directamente proporcional al número de ramas o conectores, después de correr la prueba-simulación el costo de los arneses se ve reducido en un 27% por cada conjunto de arneses necesarios para 1 motor con una tolerancia de 20%. Con las tolerancias obtenidas el impacto a la Y del proyecto es obtenido.

#### 4.1.5. Fase Controlar

La etapa de control tiene por objetivo el estadísticamente comprobar que existe una mejora en el proceso (prueba de hipótesis), asegurarse que el proceso se mantiene en control después de la implementación de la solución, contar con un indicador que

rápida mente determine las partes asociadas especiales hacia una situación de no conformidad en el proceso.

#### *Validación del Sistema de Medición de la X del Proyecto*

La meta de esta etapa es el asegurarse que la solución implementada se mantiene efectiva y en control.

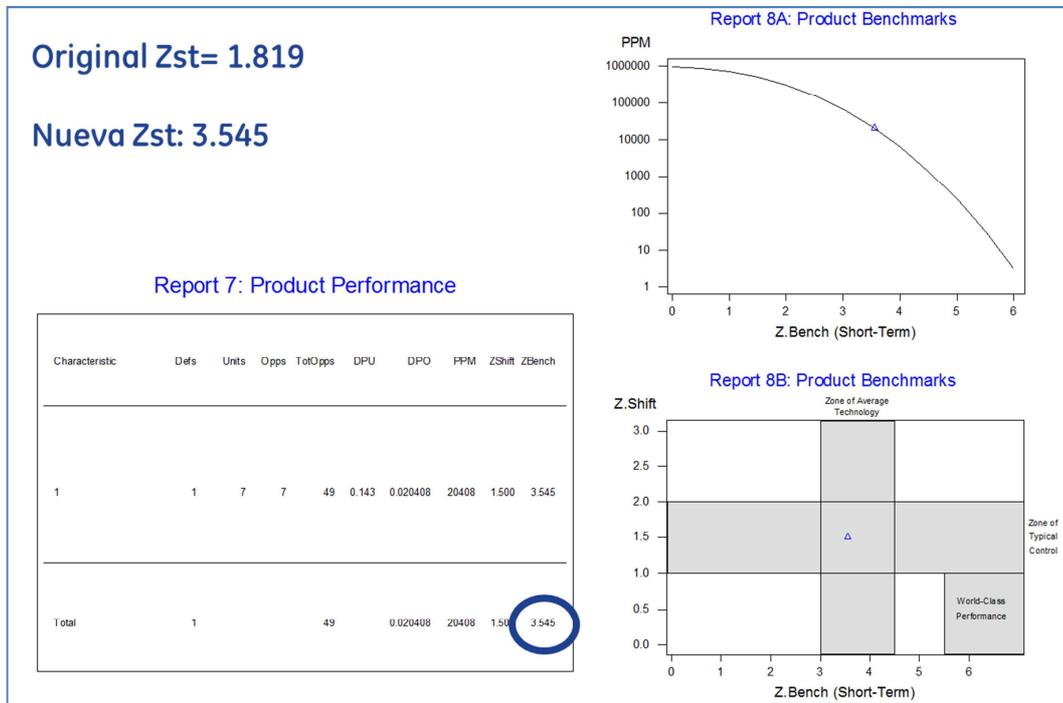
Las capacidades del proceso son obtenidas mediante la simulación descrita en la Fase de Mejora la cual permitió validar el sistema de medición mediante el sistema ERP de la compañía. Esto es, formando diferentes configuraciones al elegir números de parte compatibles y obteniendo sus costos en el sistema ERP. La opción elegida permite obtener el costo de conversión de la siguiente manera:

- Costo de materiales actuales mediante el registro de las órdenes de compra en el sistema ERP
- Costo del proceso real mediante el cargo, en horas, del operador y en base al costo por hora del operador del año en curso; la operación es hecha por el sistema ERP automáticamente

#### *Determinación de las Capacidades del Proceso*

Las capacidades del proceso después de ser implementada la solución son determinadas de la misma manera que fueron determinadas las capacidades del proceso en la etapa de análisis. La Figura 4.11 muestra los reportes del proceso actual obtenidos mediante Minitab.

Figura 4.11. Capacidades del Proceso Nuevo



Fuente: Elaboración propia.

El proceso ha sido mejorado mediante la implementación de la herramienta nueva y el costo de los arneses puede ser reducido significativamente al pasar de un valor de Zst igual a 1.81 anterior a un valor de Z igual a 3.54 nuevo.

*Implementación del Proceso de Control*

Manejo de Riesgos. El riesgo principal de esta herramienta es la fuente de entrada de los costos a la hoja dinámica de Excel y su variación con respecto al tiempo. Por lo anterior esta herramienta requiere de mantenimiento cada 6 meses aproximadamente.

Con la intención de asegurarse que el proceso se mantenga en control, se establece el plan de control de la Tabla 4.6.

Tabla 4.6

*Plan de Control*

ACCIÓN	RESPONSABLE/ ESTADO	
1. <b>Entrenamiento</b> – Proporcionar entrenamiento a los empleados / usuarios que indique el funcionamiento de la misma adecuadamente	Líder del Proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>
1. <b>Publicación de la Herramienta</b> – Colocar la herramienta en un servidor compartido y disponible a los usuarios	Líder del Proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>
3. <b>Tutorial</b> – Crear un tutorial disponible para consulta de los usuarios existentes y nuevos	Líder del Proyecto	Dic - 12
4. <b>Solución a Largo Plazo (automatización)</b> – Continuar el monitoreo de las acciones requeridas para la implementación a largo plazo	Líder del Proyecto / Departamento de IT	Bi-semanalmente
<input checked="" type="checkbox"/> Completado		

Fuente: Elaboración propia.

**4.1.6. Implementación al Proyecto de Arnases**

En el proyecto específico de arneses de estudio uno de los requerimientos de diseño es el incluir el uso de conectores de la mejor calidad disponible de acuerdo a la especificación de diseño. Teniendo las características críticas de calidad ,CTQ, *CriticalToQuality* por sus siglas en inglés, de costo y peso los conectores requeridos tienen un costo de hasta al 213% en comparación con los conectores estándares y un peso de 2.69 Lb. por conjunto de arneses para 1 motor. Lo anterior conduce a un incremento significativo en el presupuesto del proyecto para la empresa ensambladora de arneses y su cliente. Para este problema fue propuesto al cliente de la empresa ensambladora de arneses el uso de diferentes partes que encajen en el diseño y calidad requeridos pero más baratos. Esto es posible debido a que el proyecto se encuentra en la etapa de desarrollo, la Figura 4.12 indica exactamente en qué etapa del diseño se encuentra el proyecto de estudio.

Figura 4.12. Etapa del Proyecto de Estudio



Fuente: Elaboración propia.

Utilizando las herramientas de Voz del Cliente como encuestas, grupos focales así como entrevistas con el personal de la empresa ensambladora de arneses y su cliente se identificaron las diferentes opciones viables a utilizar en el proyecto en base a los requerimientos ambientales y de funcionamiento. Posteriormente con la intención de elegir la configuración adecuada de todas las diferentes opciones identificadas se utilizaron herramientas como la lluvia de ideas, análisis de los procesos críticos, discusiones técnicas con el departamento de ingeniería del cliente y análisis financiero. Juntas internas multifuncionales con los departamentos de compras y manufactura fueron llevadas a cabo con la intención de identificar la mejor opción, de todas las identificadas, para los requerimientos específicos para este programa funcionales y a detalle, necesidades reales contra necesidades requeridas. El análisis financiero, herramienta obtenida como resultado del proyecto de Seis Sigma, fue utilizado para la toma de decisiones representado por el análisis de costos y pesos de la Tabla 4.7; en este caso el análisis financiero fue representado por un análisis de costos y pesos del programa.

Tabla 4.7

*Análisis Financiero (Análisis de Costos y Pesos)*

Harnesses				
CONNECTOR TYPE	BACKSHELL TYPE	ADAPTER TYPE	COST (USD)	WEIGHT (LBS)
COMPOSITE + SS THREADED CONNECTOR	TWO PIECE BACKSHELL / FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED BACKSHELLS	\$ 1,507.40	2.36
	TWO PIECE BACKSHELL / NO FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED BACKSHELLS	\$ 1,204.35	2.25
	ONE PIECE BACKSHELL		\$ 1,380.61	2.38
SS THREADED CONNECTOR	TWO PIECE BACKSHELL / FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED BACKSHELLS	\$ 1,757.15	2.87
	TWO PIECE BACKSHELL / NO FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED BACKSHELLS	\$ 1,454.10	2.76
	ONE PIECE BACKSHELL		\$ 1,630.36	2.89
COMPOSITE + SS ROLLED BACK CONNECTOR	TWO PIECE BACKSHELL / FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED BACKSHELLS	\$ 1,598.40	2.28
	TWO PIECE BACKSHELL / NO FILL HOLE COVER	ADAPTERS FOR THREADED BACKSHELLS	\$ 1,295.35	2.17
	ONE PIECE BACKSHELL		\$ 1,471.61	2.30
ROLLED BACK SS CONNECTOR(Standard Series III Amphenol Connis)	ROLLED BACKSHELLS	ADAPTERS FOR ROLLED BACK BACKSHELLS	\$ 1,238.10	2.69
ROLLED BACK SS CONNECTOR(Hi-rel Series III Connis on Size 9&11)	ROLLED BACKSHELLS	ADAPTERS FOR ROLLED BACK BACKSHELLS	\$ 1,532.60	2.69
ROLLED BACK SS CONNECTOR(Clutch Lock Amphenol Connis)	ROLLED BACKSHELLS	ADAPTERS FOR ROLLED BACK BACKSHELLS	\$ 2,109.69	2.69
New Proposed design				

Fuente: Elaboración propia.

Después de tomar todas las acciones requeridas, el resultado obtenido que satisface todos los requerimientos de los clientes internos y externos es la opción de diseño de conectores de acero inoxidable rolados.

**4.1.7. Conclusiones del proyecto Seis Sigma**

A través del seguimiento de la metodología Seis Sigma para la mejora de procesos y la solución del problema se han obtenido grandes beneficios económicos, esto se logró al hacer efectivo el ahorro de dinero en los costos por concepto de materiales y procesos.

Con el diseño seleccionado mediante la herramienta obtenida como resultado del proyecto de Seis Sigma se obtienen ahorros de hasta el 20.94% en los arneses de producción para este proyecto específico. Como resultado los ahorros anuales para el

año en curso y en base a la estimación de ventas son del 21% con una proyección anual de ahorros para 2015 de 155 mil USD (2015 es el año de mayor volumen de ventas con 270 conjuntos de arneses). La Tabla 4.8 es la tabla dinámica que muestra los ahorros antes y después de la implementación del proyecto de Seis Sigma.

Tabla 4.8

*Estimación de Ahorros Final*

<b>AHORROS DEL PROYECTO 6S</b>				
Lider: _____			Tasa de Cobro Ingeniero:	<b>\$35.00</b>
Proyecto: _____				
Elemento	Proceso Actual	Costo Actual	Proceso Nuevo (Metodología 6S)	Costo Nuevo
Numero Total de <b>Sets de Arnese 1</b> en 2012	8	\$ 1,690.84	8	\$ 1,113.75
Numero Total de <b>Arneses 2</b> in 2012	0	\$ -	0	\$ -
Costo Total	-----	\$ 13,526.72	-----	\$ 8,910.00
Total de Arnese	8.0	-----	8.0	-----
Tiempo y costo del Proyecto (hrs de ingeniería)			5	\$ 175.00
<b>TOTAL DE AHORROS</b>	Año actual			\$ 4,617

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al peso de los arneses, el cual también fue definido como una característica esencial del proyecto, la opción elegida represento un ahorro de .17 Lb. por conjunto de arneses para un motor.

**4.2. Características de la Empresa**

El proyecto fue desarrollado en una empresa global líder en su ramo proveedora de componentes complejos para motores y fuselajes para aeronaves y sus sistemas eléctricos y mecánicos en la unidad operativa de ingeniera de arneses de señal y control para la industria aeronáutica y del transporte. Dicha compañía tiene una tremenda experiencia desde sus inicios en 1980, a través de introducción de nuevos productos al

mercado, adquisiciones estratégicas, innovaciones tecnológicas y un servicio al cliente superior.

Los valores de la empresa definen a la misma de una forma acertada, estos son:

- Ingeniería y Diseño de primera clase. Con una vasta experiencia en ingeniería utilizando las últimas herramientas de diseño y software. Las capacidades de pruebas incluyen pruebas acústicas, eléctricas, ambientales, mecánicas y de electromagnetismo
- Tecnología Avanzada. La empresa gastó en 2010 alrededor de 23 millones de dólares en Desarrollo e Investigación (R&D, *Research and Development* por sus siglas en inglés). Asimismo, continúa invirtiendo en tecnologías para la mejora de los productos existentes con la intención de resolver algunos de los retos más importantes de los clientes. Algunas áreas de desarrollo son el manejo térmico, controles de distribución, productos electrónicos integrados para el pronóstico y diagnóstico
- Sistemas de Integración. Como integrador, la empresa ofrece a manufactureras de motores y fuselajes la conveniente opción de un solo proveedor para las necesidades de controles y accesorios. Además de ofrecer una gama amplia de productos y sistemas, se ofrecen sistemas integrales y componentes con una calidad de nivel mundial para crear soluciones completas a las necesidades del cliente
- Presencia Global. Ser parte de la presencia global con 15 sitios en 3 continentes y una red de distribución global se es posible el proveer soporte

inmediato y efectivo a los clientes sin importar en el lugar que ese encuentren localizados

- **Experiencia y Compromiso.** La empresa ha servido a la industria aeroespacial por más de 30 años y cuenta con una fuerza de trabajo estable y habilidoso. Esta cuenta con los recursos financieros y técnicos para estar en el mercado por un periodo largo

En cuanto a la calidad se menciona que la empresa pugna para proveer al cliente con productos y servicios de clase mundial y obtener la satisfacción del cliente a través de la aplicación de la disciplina de calidad Seis Sigma y sus herramientas en adición de las certificaciones de la industria estándares. Se mantiene la calidad como un valor fundamental en el negocio y continuamente moviendo productos claves, servicios y procesos hacia una calidad de niveles de Seis Sigma.

### **4.3. Aplicación del Modelo**

El presente trabajo de investigación comenzó a plantearse a inicios del año 2012 y el periodo de ejecución del proyecto fue durante los meses subsecuentes obteniéndose los primeros resultados de mejora a partir del 3er cuarto del mismo año.

El modelo financiero propuesto contempla un año de operación como el periodo de evaluación para la determinación del logro o fracaso de mejoras, de esta manera se determinará el impacto financiero del proyecto ya sea positivo o negativo. Posteriormente este modelo se aplicara a los años subsecuentes en base a las ventas estimadas anuales discutidas en la sección 4.1.1 de esta investigación, esto con la finalidad de ver el impacto financiero a lo largo del ciclo de vida de dicho producto. Para dictaminar estos resultados se está considerando evaluar por resultados anuales

financieros en base al resultado del año en curso y su proyección de ventas de los años subsecuentes mediante los indicadores financieros: Ganancias Antes de Impuestos, Intereses, Depreciación y Amortización (EBITDA), Margen Bruto y el Costo de Conversión. Al comparar el desempeño de estos indicadores clave se tomará la decisión del éxito o fracaso del proyecto.

#### **4.4. Modelo Financiero para Evaluar el Costo de Conversión**

En la resolución de los resultados obtenidos por concepto de las mejoras implementadas se muestran dos estados financieros de los Costos Controlables del Costo de Conversión; el primero de ellos considera los costos estimados durante la etapa de oferta y propuesta del proyecto (gestoría) y que se hubieran generado sin tomar en cuenta la influencia de las mejoras implementadas. El segundo modelo muestra los costos estimados y reales del Costo de Conversión con las mejoras implementadas. Ambos estados financieros son equiparables al costo de un conjunto de arneses para un motor.

El primer estado financiero, Tabla4.9 muestra los costos estimados que se presentaron durante la gestoría del proyecto; esto en base a la lista de materiales y procesos inicial del producto el cual es capaz de cumplir con los requerimientos operacionales del cliente. Cabe mencionar que este diseño no fue construido en ninguna de las etapas del proyecto, desarrollo y/o producción, por lo tanto los valores reales no se muestran en la tabla.

Tabla 4.9

*Modelo Financiero sin Mejoras Implementadas*

Gestion de Costos				
	Desarrollo		Produccion	
	Costo Actual	Costo Estimado	Costo Actual	Costo Estimado
Costo por Material Directo (USD)	\$ -	\$ 2,756	\$ -	\$ 2,756
Mano de Obra Directo (Hrs.)	\$ -	\$ 119	\$ -	\$ 30
Tasa de Mano de Obra (USD/Hr.)		104.21		27.63
Costo por Mano de Obra Directo (USD)	\$ -	\$ 12,417.66	\$ -	\$ 823.10
Herramientales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Servicios Externos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Costo Total por Conjunto</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 15,174</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 3,579</b>

Fuente: Elaboración propia.

El segundo estado financiero, Tabla 4.10 muestra los costos estimados que se presentaron durante la etapa de desarrollo del proyecto del producto y durante la etapa de definición del presente proyecto de Seis Sigma en base a la lista de materiales y procesos propuestos para su mejora financiera, asimismo este diseño es capaz de cumplir con los requerimientos operacionales del cliente. Este diseño fue construido en su etapa de desarrollo (prototipo) por lo tanto los valores reales se muestran en la tabla. Cabe mencionar que este producto no ha sido transferido a la etapa de producción por lo tanto los valores reales no se muestran en esta etapa.

Tabla 4.10

*Modelo Financiero con Mejoras Implementadas*

	Gestion de Costos			
	Desarrollo		Produccion	
	Costo Actual	Costo Estimado	Costo Actual	Costo Estimado
Costo por Material Directo (USD)	\$ 3,393	\$ 2,179	\$ -	\$ 2,179
Mano de Obra Directo (Hrs.)	\$ 93	\$ 119	\$ -	\$ 30
Tasa de Mano de Obra (USD/Hr.)	\$ -	104.21	\$ -	27.63
Costo por Mano de Obra Directo (USD)	\$ 9,722	\$ 12,417.66	\$ -	\$ 823.10
Herramientales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Servicios Externos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Costo Total por Conjunto</b>	<b>\$ 13,114</b>	<b>\$ 14,597</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 3,002</b>

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar ciertos aspectos / comportamientos los estados financieros arriba descritos para su mejor entendimiento.

- El costo por material directo está directamente relacionado al volumen de compra de cada uno de los componentes necesarios para la construcción de la demanda de cada arnés; es de entenderse que durante una etapa de desarrollo el volumen es bajo y el precio de cada componente es más alto que en una etapa madura del proyecto (Figura 4.1).
- Así mismo, durante una etapa de desarrollo los prototipos consumen más mano de obra que cuando se encuentran en producción. Esto se debe a que durante la etapa de desarrollo del proyecto se corrigen todos los detalles que pudieran haber debido a la particularidad del diseño y/o la configuración de cada proyecto de arneses para que una vez que el producto sea introducido a una línea de producción se realice con las menores complicaciones

- Se considera que el tiempo de manufactura de un arnés en desarrollo es cuatro veces el tiempo de una línea de producción debido a que el herramental no está definido aún para la configuración final de producción
- El tiempo / costo de producción de un arnés en la etapa de desarrollo se ve afectado por la tasa de mano de obra directamente, esta tasa de mano de obra es definida a principios de cada año por cada uno de los sitios de manufactura de la empresa
- El costo de la mano de obra directo está dado por el tiempo en el que el producto es trabajado por la tasa dada de cada sitio más los gastos generales incurridos de cada sitio. Estos gastos generales están dados por los niveles de producción de la planta manufacturera así como las horas de manufactura del producto
- Se considera que para una etapa de desarrollo el producto es construido en la matriz del mismo, la cual se encuentra en Estados Unidos y la cual implica una tasa, precio por hora de trabajo de mano de obra. Una vez que el producto es transferido a producción, el producto no solo es más rápido de construir sino que es transferido a una planta productora localizada en un país emergente a la cual está asociado a una tasa de mano de obra más barata

#### **4.5. Modelo Financiero para Evaluar el Estado de Resultados**

El estado de resultados basado en las ventas del proyecto en este estudio en específico se presenta con la finalidad de evaluar el impacto del proyecto Seis Sigma desarrollado. Se muestra el estado de resultados supuesto, es decir en aquel en el que las mejoras no han sido consideradas, ver Tabla 4.11.

Tabla 4.11

*Estado de Resultados sin Mejoras Implementadas*

		Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
Periodo		Desarrollo Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado
Volumen de Ventas		8	8	67	270	245	246
Precio de Venta		\$ 19,726	\$ 4,653	\$ 4,653	\$ 4,653	\$ 4,653	\$ 4,653
<b>Ventas</b>		<b>\$ 157,810</b>	<b>\$ 37,222</b>	<b>\$ 311,731</b>	<b>\$ 1,216,729</b>	<b>\$ 1,139,912</b>	<b>\$ 1,144,564</b>
Costos Fijos (Materiales)		\$ 22,048	\$ 22,048	\$ 184,652	\$ 744,120	\$ 675,220	\$ 677,976
Costo Fijo Unitario		\$ 2,756	\$ 2,756	\$ 2,756	\$ 2,756	\$ 2,756	\$ 2,756
Costos Variables (Mano de Obra Directa)		\$ 20,942	\$ 1,388	\$ 11,626	\$ 46,849	\$ 42,512	\$ 42,685
Costos Variables (Costo de Operación de la Planta)		\$ 78,399	\$ 5,197	\$ 43,522	\$ 175,387	\$ 159,147	\$ 159,797
Costos Variables		\$ 99,341	\$ 6,585	\$ 55,148	\$ 222,236	\$ 201,659	\$ 202,482
Costo Variable Unitario		\$ 12,418	\$ 823	\$ 823	\$ 823	\$ 823	\$ 823
<b>Costo Total</b>		<b>\$ 121,389</b>	<b>\$ 28,633</b>	<b>\$ 239,800</b>	<b>\$ 966,356</b>	<b>\$ 876,879</b>	<b>\$ 880,458</b>
Costo Total Unitario		\$ 15,174	\$ 3,579	\$ 3,579	\$ 3,579	\$ 3,579	\$ 3,579
<b>Margen Bruto</b>		<b>\$ 36,420</b>	<b>\$ 8,589</b>	<b>\$ 71,931</b>	<b>\$ 250,373</b>	<b>\$ 263,033</b>	<b>\$ 264,106</b>
Depreciacion (tooling)	\$ 20,111	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10
Amortizacion (Gastos Financieros)	\$ 4,160	\$ 4,160	\$ 34,840	\$ 140,400	\$ 127,400	\$ 127,920	\$ 127,920
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>		<b>\$ 30,249</b>	<b>\$ 2,418</b>	<b>\$ 35,080</b>	<b>\$ 167,462</b>	<b>\$ 133,621</b>	<b>\$ 134,126</b>
Impuestos							
ISR	30%	\$ 9,075	\$ 725	\$ 10,524	\$ 44,238	\$ 40,086	\$ 40,253
PTU	10%	\$ 3,025	\$ 242	\$ 3,508	\$ 14,746	\$ 13,362	\$ 13,418
<b>Ingreso Operativo (después de Impuestos (NIAT))</b>		<b>\$ 18,150</b>	<b>\$ 1,451</b>	<b>\$ 21,048</b>	<b>\$ 88,477</b>	<b>\$ 80,173</b>	<b>\$ 80,500</b>

Fuente: Elaboración propia.

El Estado de Resultado que no considera las mejoras, es irreal y sirve como comparativa entre el Estado en el que las mejoras si fueron implementadas.

Los Estados de Resultados obtenidos con las mejoras implementadas se pueden ver en las Tablas 4.12 y 4.13. Estos estados están basados en la decisión del negocio ya que, después de las mejoras implementadas existen dos opciones:

- Opción 1, mantener el precio como en la cotización inicial lo cual generara mayor ganancia para la empresa y ninguna para el cliente como resultado de las mejoras implementadas (vea Tabla 4.12).
- Opción 2, reducir el precio en base a los ahorros generados lo cual no generara ninguna ganancia extra para la empresa productora; las ganancias de los ahorros generados se reflejan en el precio y por lo tanto en el cliente lo cual además, genera una ventaja competitiva dentro del mercado (vea Tabla 4.13).

Tabla 4.12

*Estado de Resultados con Mejoras Implementadas (Opción 1)*

		Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
Periodo		Desarrollo Actual	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado
Volumen de Ventas		8	8	67	270	245	246
Precio de Venta		\$ 19,726	\$ 4,653	\$ 4,653	\$ 4,653	\$ 4,653	\$ 4,653
<b>Ventas</b>		<b>\$ 157,810</b>	<b>\$ 37,222</b>	<b>\$ 311,731</b>	<b>\$ 1,256,229</b>	<b>\$ 1,139,912</b>	<b>\$ 1,144,864</b>
Costos Fijos (Materiales)		\$ 27,144	\$ 17,432	\$ 145,993	\$ 588,330	\$ 533,855	\$ 536,034
Costo Fijo Unitario		\$ 3,393	\$ 2,179	\$ 2,179	\$ 2,179	\$ 2,179	\$ 2,179
Costos Variables (Mano de Obra Directa)		\$ 10,790	\$ 1,388	\$ 11,626	\$ 46,849	\$ 42,512	\$ 42,685
Costos Variables (Costo de Operación de la Planta)		\$ 66,984	\$ 5,197	\$ 43,522	\$ 175,387	\$ 159,147	\$ 159,797
Costos Variables		\$ 77,774	\$ 6,585	\$ 55,148	\$ 222,236	\$ 201,659	\$ 202,482
Costo Variable Unitario		\$ 9,722	\$ 823	\$ 823	\$ 823	\$ 823	\$ 823
<b>Costo Total</b>		<b>\$ 104,918</b>	<b>\$ 24,017</b>	<b>\$ 201,141</b>	<b>\$ 810,066</b>	<b>\$ 738,514</b>	<b>\$ 738,516</b>
Costo Total Unitario		\$ 13,115	\$ 3,002	\$ 3,002	\$ 3,002	\$ 3,002	\$ 3,002
<b>Margen Bruto</b>		<b>\$ 52,892</b>	<b>\$ 13,205</b>	<b>\$ 110,590</b>	<b>\$ 446,663</b>	<b>\$ 404,398</b>	<b>\$ 406,048</b>
Depreciacion (tooling)	\$ 20,111	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10
Amortizacion (Gastos Financieros)		\$ 4,160	\$ 4,160	\$ 34,840	\$ 140,400	\$ 127,400	\$ 127,920
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>		<b>\$ 48,720</b>	<b>\$ 7,034</b>	<b>\$ 73,739</b>	<b>\$ 303,252</b>	<b>\$ 274,998</b>	<b>\$ 276,117</b>
Impuestos							
ISR	30%	\$ 14,016	\$ 2,110	\$ 22,122	\$ 90,975	\$ 82,496	\$ 82,835
PTU	10%	\$ 4,672	\$ 703	\$ 7,374	\$ 30,325	\$ 27,499	\$ 27,612
<b>Ingreso Operativo Despues de Impuestos (NIAT)</b>		<b>\$ 28,032</b>	<b>\$ 4,220</b>	<b>\$ 44,244</b>	<b>\$ 181,951</b>	<b>\$ 164,992</b>	<b>\$ 165,670</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.13

*Estado de Resultados con Mejoras Implementadas (Opción 2)*

		Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
Periodo		Desarrollo Actual	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado	Produccion Estimado
Volumen de Ventas		8	8	67	270	245	246
Precio de Venta		\$ 17,049	\$ 3,903	\$ 3,903	\$ 3,903	\$ 3,903	\$ 3,903
<b>Ventas</b>		<b>\$ 136,388</b>	<b>\$ 31,221</b>	<b>\$ 261,474</b>	<b>\$ 1,053,702</b>	<b>\$ 956,137</b>	<b>\$ 960,040</b>
Costos Fijos (Materiales)		\$ 27,144	\$ 17,432	\$ 145,993	\$ 588,330	\$ 533,855	\$ 536,034
Costo Fijo Unitario		\$ 3,393	\$ 2,179	\$ 2,179	\$ 2,179	\$ 2,179	\$ 2,179
Costos Variables (Mano de Obra Directa)		\$ 10,790	\$ 1,388	\$ 11,626	\$ 46,849	\$ 42,512	\$ 42,685
Costos Variables (Costo de Operación de la Planta)		\$ 66,984	\$ 5,197	\$ 43,522	\$ 175,387	\$ 159,147	\$ 159,797
Costos Variables		\$ 77,774	\$ 6,585	\$ 55,148	\$ 222,236	\$ 201,659	\$ 202,482
Costo Variable Unitario		\$ 9,722	\$ 823	\$ 823	\$ 823	\$ 823	\$ 823
<b>Costo Total</b>		<b>\$ 104,918</b>	<b>\$ 24,017</b>	<b>\$ 201,141</b>	<b>\$ 810,555</b>	<b>\$ 738,514</b>	<b>\$ 738,516</b>
Costo Total Unitario		\$ 13,115	\$ 3,002	\$ 3,002	\$ 3,002	\$ 3,002	\$ 3,002
<b>Margen Bruto</b>		<b>\$ 31,470</b>	<b>\$ 7,204</b>	<b>\$ 60,334</b>	<b>\$ 243,136</b>	<b>\$ 220,623</b>	<b>\$ 221,524</b>
Depreciacion (tooling)	\$ 20,111	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10	\$ 2,011.10
Amortizacion (Gastos Financieros)	\$ 4,160	\$ 4,160	\$ 34,840	\$ 140,400	\$ 127,400	\$ 127,920	
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>		<b>\$ 25,299</b>	<b>\$ 1,033</b>	<b>\$ 23,483</b>	<b>\$ 100,725</b>	<b>\$ 91,212</b>	<b>\$ 91,592</b>
Impuestos							
ISR	30%	\$ 7,590	\$ 310	\$ 7,045	\$ 30,217	\$ 27,364	\$ 27,478
PTU	10%	\$ 2,530	\$ 103	\$ 2,348	\$ 10,072	\$ 9,121	\$ 9,159
<b>Ingreso Operativo Despues de Impuestos (NIAT)</b>		<b>\$ 15,180</b>	<b>\$ 620</b>	<b>\$ 14,090</b>	<b>\$ 60,435</b>	<b>\$ 54,727</b>	<b>\$ 54,955</b>

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que la forma de establecer precios dentro de la compañía, es incluir un margen o ganancias de no menos del 30% sobre el costo del producto. Siendo esta la política de precios de dicha compañía, es decisión de reducir el costo del arnés con la finalidad de mantener la ventaja competitiva dentro del negocio (Opción 2, Tabla 4.13).

Entonces, el estado de resultados mostrado en la Tabla 4.13 muestra decrementos en el Margen Bruto y en el Ingreso Operativo Después de Impuestos como respuesta a la disminución de los costos fijos del producto que en gran medida se deben al proceso de mejora continua implementado en el proyecto específico y a la decisión de negocio tomada.

#### **4.6. Implicaciones Financieras de la Implementación de la Mejora**

Los cambios en los parámetros por concepto de materiales principales trajeron consigo una disminución en los procesos de los arneses mencionados durante esta investigación y tuvieron repercusiones en el incremento del desempeño de la empresa de estudio. El estado anterior a las mejoras propuestas, es decir el costo de cada conjunto de arneses durante la etapa de gestoría y propuesta del proyecto representaba un costo estimado de \$15,174 para cada conjunto de arneses de prototipo y \$3,579 para cada conjunto de arneses en etapa de producción masiva; así y en base a la producción anual proyectada el costo total de los arneses dependería de la misma cantidad y de la etapa de los arneses, producción o prototipo, la cual alcanzaría su pico cuando los arneses estuvieran en la etapa de producción en el 2015, 270 conjuntos de arneses estimados, con \$996,356 USD.

La implementación de las mejoras trajo un incremento en el rendimiento de los arneses con las mismas piezas vendidas durante la etapa de producción de \$185,790 USD. Esto es una reducción de \$577 USD. por conjunto de arneses ya sea en etapa de producción o prototipo. Cabe mencionar que aunque el rendimiento se vio mejorado sustancialmente en costo, los costos anuales pueden variar en base al volumen de la demanda actual, la cual dependerá en el avance del proyecto del motor entero. El alza en

la demanda representara baja en el costo de los materiales y cada uno de sus componentes.

En el siguiente capítulo se muestra el impacto en los indicadores financieros de la planta comparando los Estados con y sin mejoras, con ello se evaluará el éxito o fracaso del proyecto de mejora. A simple vista se ve que el rendimiento financiero por la venta de dichos arneses se vio incremento, sin embargo se realizara la comparación de indicadores como: Margen Bruto, Utilidad Antes de Impuesto e Ingreso Operativo Después de Impuestos.

## **5. RESULTADOS, APORTACIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos a través del proyecto de mejora propuesta para, con base en estos, determinar el éxito o fracaso del proyecto. También se dan a conocer las aportaciones que servirán de ayuda para el desarrollo de proyectos con características similares.

### **5.1. Generalidades**

Como se había planteado, el objetivo fundamental del proyecto es demostrar el impacto financiero del proceso de mejora mediante Seis Sigma, que se enfocó en la reducción de costos. Para validar las acciones de este proyecto se demuestra la influencia de las mejoras en los indicadores financieros: Costo de Conversión, Margen Bruto y el Ingreso Operativo Después de Impuestos.

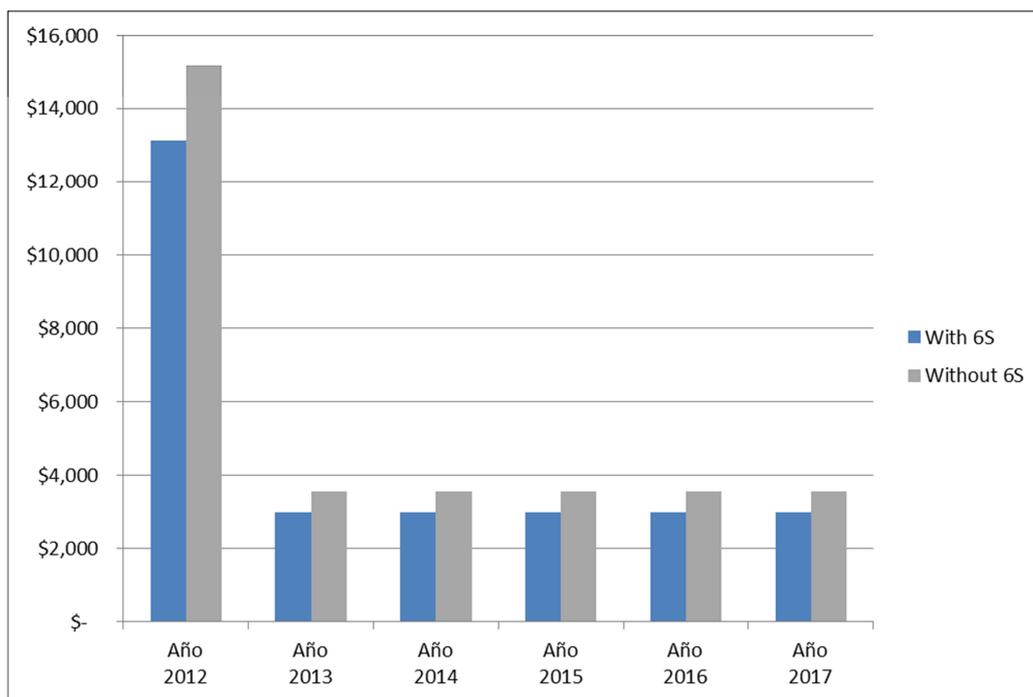
### **5.2. Impacto en Métricos Financieros**

Según los datos obtenidos del Estado de Resultados con y sin mejoras implementadas se puede dictaminar el impacto financiero del proyecto. A continuación se hace un análisis de los resultados de los indicadores financieros Costo de Conversión, Margen Bruto y el Ingreso Operativo Después de Impuestos.

#### ***5.2.1. Impacto Financiero de la mejora en el Costo de Conversión***

El Costo de Conversión del producto durante ambas etapas del producto mismo, desarrollo y validación en el año 2012 y producción en el año 2013 hacia adelante con las mejoras implementadas y sin considerarlas se muestran en la Figura 5.1.

Figura 5.1. Resultados del Costo de Conversión



Fuente: Elaboración propia.

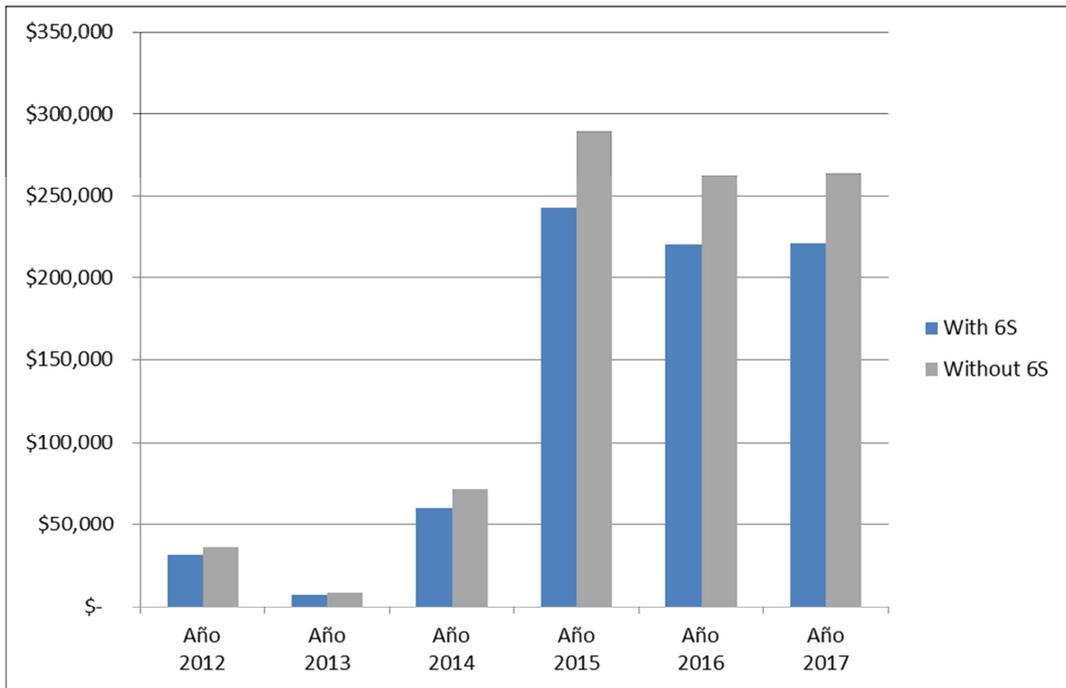
El impacto financiero de las mejoras implementadas tiene una importante repercusión en el Costo de Conversión del producto ya que el costo actual del producto se ve mejorado sustancialmente de lo que se había propuesto inicialmente durante la etapa de cotización y propuesta llegando a obtenerse un Costo de Conversión del producto de \$577 USD por debajo.

En base a los resultados del desempeño del Costo de Conversión a través de la vida estimada del producto se puede decir que las mejoras tuvieron un impacto satisfactorio al influir directamente en la reducción de este indicador financiero clave para la compañía.

**5.2.2. Impacto Financiero de la Mejora en Margen Bruto**

La relación entre la utilidad neta y las ventas realizadas es llamada Margen Bruto, el comportamiento de este indicador a través de los años de vida del producto se muestra en la Figura 5.2.

Figura 5.2. Resultados del Margen Bruto



Fuente: Elaboración propia.

El impacto financiero de las mejoras implementadas produjo un decremento en el Margen Bruto durante la etapa de prototipos y producción masiva del producto; esto en base directamente proporcional al volumen de ventas estimadas anualmente, la serie de datos grises muestra el comportamiento del Margen Bruto sin las mejoras implementadas. Este decremento en el Margen Bruto se debe a la decisión financiera de no mantener el precio del producto que inicialmente se cotizo y obtener un margen total del 30% sobre el precio del producto con y sin las mejoras implementadas, sin embargo

esta decisión crea confianza en el cliente debido a que este se da cuenta que el proveedor realiza esfuerzos individuales para reducir el costo del producto, véase punto 4.5 del presente documento.

El veredicto del proyecto con respecto a las mejoras implementadas es satisfactorio y/o se mantiene ya que el Margen Bruto de la compañía sigue alineado con la estrategia de ganancias por pieza vendida, margen de ganancia del 30% mínimo.

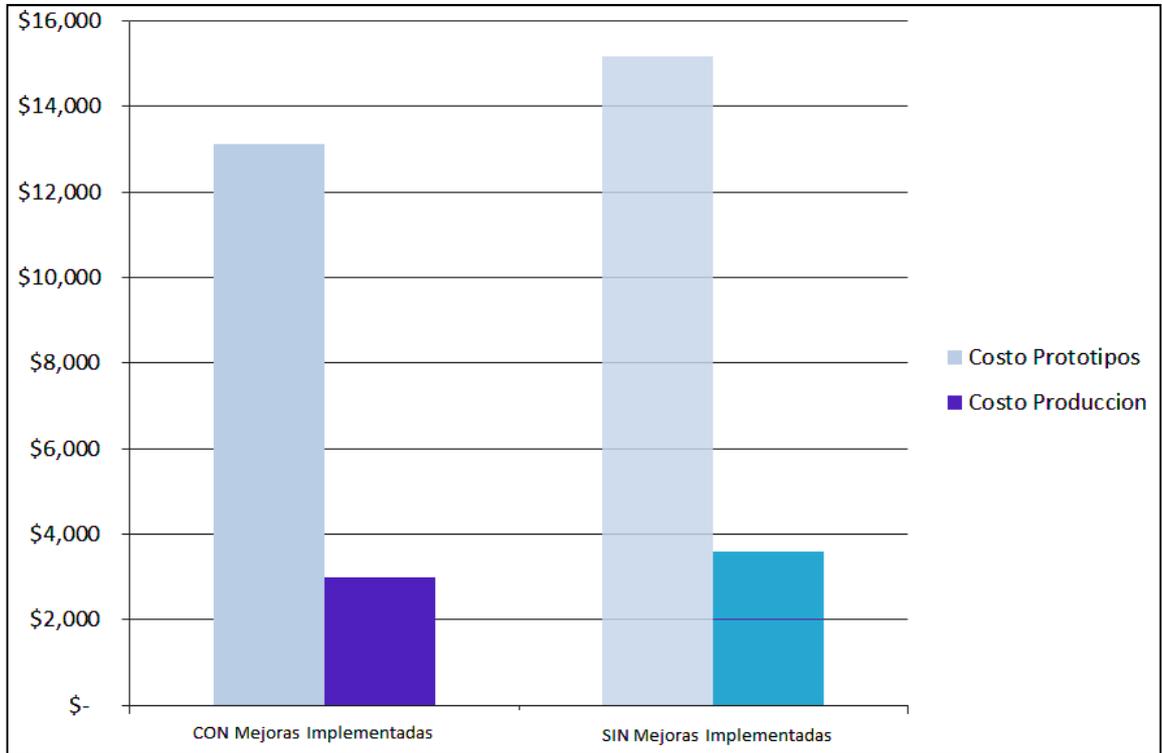
#### ***5.2.3. Impacto Financiero de la Mejora en el Ingreso Operativo Después de Impuestos***

Las ganancias después de impuestos, intereses, depreciación y amortización tuvieron un comportamiento ala baja, ya que tiene el mismo comportamiento que el Margen Bruto anteriormente descrito. Esto debido a que las depreciaciones, impuestos y los gastos financieros se mantiene igual; la inversión en herramientas y/o gastos financieros se mantiene igual no importando si el proyecto tubo o no mejoras en el diseño lo cual no afecta las depreciaciones en absoluto.

#### ***5.2.4. Impacto Financiero de la Mejora en los Costos del Conjunto de Arnases***

Los costos por cada conjunto de arneses toman en base a los actuales durante la etapa de construcción de prototipos y en base a los estimados durante la etapa de producción masiva y a partir de aquí se contabilizan los ahorros generados. La Figura 5.3 muestra el comportamiento de los costos del producto.

Figura 5.3. Comportamiento de Costo del Producto



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de los costos del producto decreció sin duda alguna, asimismo el precio lo hizo en la misma medida; el ahorro de ambos se encuentra entre un 15% y un 19% por lo que el proyecto es considerado todo un éxito.

### 5.3. Resultados del Impacto Financiero

De acuerdo al desempeño de los tres principales indicadores financieros que el grupo ha definido como claves para determinar el comportamiento del producto, el resultado del Costo de Conversión, Margen Bruto y el Ingreso Operativo Después de Impuestos se vieron afectados con este proyecto de mejora. Estos indicadores muestran que el proyecto tuvo un resultado satisfactorio, teniéndose los siguientes resultados:

- El Costo de Conversión se redujo en promedio en un 17%.

- El Margen Bruto y el Ingreso Operativo Después de Impuestos tubo un decremento en promedio del 20%
- La decisión de reducir el precio del producto en base a los ahorros generados creo confianza en el cliente que afectara positivamente a futuros negocios
- El margen de ganancia en el producto sigue siendo de un 30% mínimo sobre el costo de conversión

#### **5.4. Aportaciones**

La implementación de la metodología Seis Sigma para buscar oportunidades de reducción de costos en los productos y el mostrar el impacto financiero que estas decisiones y/o mejoras tienen el comportamiento operativo de la empresa es la principal aportación que se hace con la presente Investigación, así como la concientización en los efectos financieros de las mejoras operacionales que contienen un enfoque de mejora continua de acuerdo a filosofías como Kaizan y Seis Sigma.

Se busca solucionar los problemas que lo ameriten con base en la metodología de Seis Sigma y reflejar su impacto en indicadores financieros relevantes.

Esta Investigación pretende detonar el desarrollo de áreas de oportunidad operacional a través del seguimiento de una estructura metodológica como lo es Seis Sigma.

El desarrollo de esta metodología aplicada a una empresa de clase mundial genera grandes beneficios no solo operacionales sino financieros.

Se aportaron ahorros en los costos de conversión sin duda, estos recursos y/o herramientas podrán ser utilizados en proyectos subsecuentes que darán mejores rendimientos a la empresa.

Se aportaron ahorros en los costos variables de la planta, estos recursos pueden ser utilizados en otros rubros que darán mejores rendimientos a la empresa.

### **5.5. Recomendaciones**

En la industria existen tendencias y buenas prácticas que se adoptan y se desarrollan satisfactoriamente por periodos cortos de tiempo, se toman solamente como modas y al paso del tiempo se pierde el interés en ellas hasta que llega una nueva. Tratando de evitar que esto ocurra se recomienda generar un proceso sistemático dentro de los manuales de la empresa en donde se dictamine la manera de cómo solucionar problemas y los pasos a seguir de tal manera que todo proyecto tenga un enfoque financiero que tenga repercusiones en los estados de resultados.

La implementación de auditorías de los costos de conversiones en una etapa de producción es necesaria, sencilla y altamente recomendable, esto con la finalidad de continuar con las mejoras en base a los estimados hechos en etapas del proyecto tempranas. Asimismo, las auditorías dictaminan si los volúmenes y costos de producción son los estimados y si el precio del producto necesita ser revisado.

Asimismo, se recomienda el despliegue de los resultados de los proyectos de mejora en la organización a todos niveles para evaluar y evidenciar el impacto que cada proyecto genera en los indicadores tanto operacionales como financieros.

## CONCLUSIONES

Uno de los objetivos de la presente investigación es el determinar el impacto financiero de un determinado proyecto Seis Sigma, este aplicado al producto específico ya mencionado; este impacto financiero fue positivo puesto que los métricos financieros como el Costo de Conversión disminuyó en un promedio de 17% debido a la reducción de costos por concepto de materiales en los arneses para la industria aeroespacial mencionados, en donde los ahorros generados equivalen a \$4,617 USD en el año en curso. Sin embargo estos ahorros se multiplicaran conforme el producto alcance su etapa de madurez, llegando a representar ahorros de hasta 155 mil USD en 2015.

Asimismo, es conclusión de esta investigación que aunque el Margen Bruto y el Ingreso Operativo Después de Impuestos decreció en un 20% promedio, esto se debe a la política de costos de la empresa, la cual se basa en un margen bruto total sobre el costo del producto, es decir, si el costo del producto se reduce el precio disminuye en la misma proporción. Esta reducción en el Margen Bruto y en el Ingreso Operativo Después de Impuestos tiene repercusiones positivas subsecuentes y no medibles en la empresa, este es la creación de confianza en el cliente y un producto más competitivo.

El Objetivo específico del proyecto Seis Sigma embebido en la presente investigación consistía en la reducción del costo de dichos arneses mediante la reducción de costos de las variables de producción; este resultado se logró satisfactoriamente ya que durante la construcción de los arneses en su etapa de prototipo, el costo final mostro una reducción no solo en materiales, sino en procesos también teniendo un rendimiento mejorado en un 13.5%.

En términos generales el proyecto es considerado como exitoso, ya que el impacto sobre los métricos financieros en positivo en su mayoría, se generaron ahorros, se demostró la forma de llevar un proyecto a lo largo y ancho de la compañía lo cual se utilizara para futuras referencias de nuevos proyectos de mejora continua y en adición, se creó una mayor confianza en el cliente y se desarrolló un producto más competitivo.

## REFERENCIAS

- Anzures, M. (1967). *Contabilidad general*. México: Trillas.
- Chase, J. (2009). *Administración de Operaciones*. Mexico. McGraw Hill.
- Management Consultants.(2011).Nueva York.Labor CostReduction.
- El, Y. K. (2003). *Diseño para Six Sigma*. México: McGraw-Hill.
- Barba Enric, F. B. (2000). *Seis Sigma*. Barcelona: Gestión.
- Electronic And MechanicalDesign. *Cost Through Intelligent BOM Management*  
Obtenido el 11 de Diciembre de 2011, desde [www.eventure.com](http://www.eventure.com).
- Gómez F., J. F. (2003). *Seis Sigma*. Barcelona: FC Editorial.
- Hall, R. W. (1983). *Zero Inventories*. Nueva York: Irwin Professional.
- Harrison, K. M. (1991). *Cómo implantar en Occidente los métodos japoneses de Gerencia*. Bogotá: Legis.
- Hay, E. J. (1994). *Justo a Tiempo. La Técnica Japonesa que Genera Mayor Ventaja Competitiva*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- Hines, P. (2008). *Staying lean: thriving, not just surviving*.Nueva York: Productivity Press
- Ibáñez, E. B. (1995). *La excelencia en el proceso de desarrollo de nuevos productos*.  
Barcelona: Gestión 2000.
- Imai, M. (1998). *Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo*. Mexico: McGraw Hill.
- Ishilawa, K. (1988). *¿Qué es el Control Total de Calidad?*Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- James Evans, J. R. (2000). *La Administración y el Control de la Calidad. Internacional*.México: Thomson Editores.

- Levitt, T. (1981). *El ciclo de vida del producto: gran oportunidad de marketing*. Harvard-Deusto Business Review.p. 5-28
- Llamosa, L. (2007). *Estudio de repetitividad y reproducibilidad*. Scientia Et Technica Colombia, 13 (035), s.p.
- Martínez, J. M. (2003). *Metodologías Avanzadas para la Planificación y Mejoras*. España: Editorial Días de Santos.
- México, G. I. (27 de Octubre de 2012). Grupo Kaizen. Obtenido de Grupo Kaizen: <http://www.grupokaizen.com.mx>
- Ohno, T. (1993). *El sistema de Producción Toyota* (2da Edición). Nueva York: Gestión 2000.
- Pascale, R. (1999). *Decisiones Financieras*. México: Ediciones macchi.
- Porter, M. (1996). What is Strategy? *Harvard Business Review*.
- Ralph Polimeni, F. F. (1997). *Contabilidad de costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales*. México: McGraw-Hill.
- Redondo, A. (1998). *Contabilidad General y Superior*. Caracas: Editorial Nacional.
- Taiichi, O. (1995). *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*. Nueva York: ProductivityPress Inc.
- Universidad Nacional de Colombia. (2011). *Diagrama Causa y Efecto*. Gaseta Universidad Nacional de Colombia.
- WikimediaFoundation. (7 de Abril de 2005, Globalizacion). Wikipedia. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Globalizacion>
- WikimediaFoundation. (27 de Abril de 2013, Seis Sigma). Wikipedia. Recuperado el 27 de Abril de 2013, de Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Seis\\_Sigma](http://es.wikipedia.org/wiki/Seis_Sigma)

WikimediaFoundation. (25 de Abril de 2013, Cable Harness). Wikipedia. Recuperado el

25 de Abril de 2013, de Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cable\\_harness](http://en.wikipedia.org/wiki/Cable_harness)

Yip, G. S. (1992). *Globalización, Estrategias para Obtener una Ventaja Competitiva Internacional*. Bogotá: Editora Norma.