



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

TÍTULO:

**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA
IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS EN EL ÁREA DE
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA RABE S.A. INDUSTRIA
PLÁSTICA”**

AUTOR:

CONSTANTINE YÉPEZ GIORGIO ANDRÉ

**Trabajo de Titulación previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO COMERCIAL**

TUTOR:

ING. MURILLO DELGADO ERICK PAUL, MAE

Guayaquil, Ecuador

2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por, Giorgio André Constantine Yépez, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Comercial.

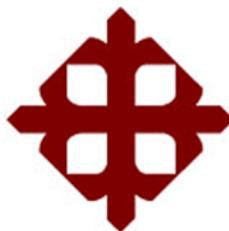
TUTOR

Ing. Murillo Delgado Erick Paul, MAE

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Vergara Pereira, Darío Marcelo, Mgs.

Guayaquil, Marzo de 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Giorgio André Constantine Yépez**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA RABE S.A. INDUSTRIA PLÁSTICA” previo a la obtención del Título de INGENIERO COMERCIAL, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, Marzo de 2015

EL AUTOR

Giorgio André Constantine Yépez



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Giorgio André Constantine Yépez**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA RABE S.A. INDUSTRIA PLÁSTICA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Marzo de 2015

EL AUTOR:

Giorgio André Constantine Yépez

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme dado la vida y por haberme acompañado en todos los momentos tanto buenos como malos que se presentaron a lo largo de mis estudios universitarios. Sin la fortaleza y concentración que Él me daba, nada de esto hubiera sido posible.

Agradezco a mi familia en general por todo el apoyo y motivación que me han brindado durante todos mis estudios universitarios, pero en especial quisiera agradecerles a tres personas en particular. Primero que todo a mi madre Mireya, la mujer más luchadora que conozco, mi ejemplo de mi vida y aquella que supo guiarme todos estos años para que yo saliera adelante ante cualquier dificultad. A mi abuela Zoila, la que siempre me demostró su cariño, ella quien me escuchaba atentamente cuando la necesitaba y me aconsejaba de la mejor manera posible. Finalmente a mi papa, por apoyarme durante mis estudios y siempre darme una palmada de aliento y reconocimiento cuando lo necesitaba.

A el Arq. Mauro Iván Tama Mendoza y la Lcda. Graciela Elizabeth Vélez Erazo por abrirme las puertas de su empresa para desarrollar mi proyecto de titulación.

A mi tutor, el Ing. Erick Paul Murillo Delgado, por acompañarme y asesorarme durante el desarrollo de este proyecto.

A la Econ. Jessica Intriago Cedeño y al Dr. Antonio Rodríguez Gómez, por haberme brindado la oportunidad de participar en los cursos de Six Sigma durante mi época en Telconet y haberme ayudado en mi desarrollo profesional durante estos años.

A mis amigos por acompañarme en este viaje que al fin llego a su destino.

Giorgio André Constantine Yépez

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está totalmente dedicado a mi mami Mireya y a mi mami Zoila, las mujeres más importantes de mi vida. Las mujeres que me supieron animar cuando me encontraba triste, las que me supieron aconsejar cuando estaba confundido, las que me dieron todo su apoyo incondicional cuando me encontraba en problemas y las mujeres que siempre amare durante toda mi vida. A ellas les debo absolutamente todo lo que soy y todo lo que tengo y por eso les dedico este trabajo como una pequeña muestra de mi agradecimiento.

Giorgio André Constantine Yépez

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
PALABRAS CLAVES.....	XVI
JUSTIFICACIÓN.....	1
1) CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1) Introducción	3
1.2) Que es Calidad	4
1.3) Origen y Evolución de la Calidad.....	6
1.4) Modelos de Gestión de la Calidad y Mejora Continua	9
1.4.1) ISO 9000, un modelo de aseguramiento de la calidad.....	10
1.4.2) Administración Estratégica de la Calidad Total (TQM).....	15
1.5) Metodología Six Sigma.....	18
1.5.1) Definición de Six Sigma	18
1.5.2) Origen del Six Sigma.....	20
1.5.3) Beneficios de Six Sigma.....	24
1.5.4) Los 6 principios del Six Sigma	26
1.5.5) Roles y Responsabilidades de los diferentes actores del Six Sigma	29
1.5.6) Indicadores en Six Sigma y Definición de Objetivos	32
1.5.7) Herramientas para proyectos Six Sigma	34
1.5.8) El modelo DMAIC.....	45
1.5.9) Casos de éxito de implementación Six Sigma	51
1.5.10) Entrevista con Dr. Antonio Rodríguez Gómez sobre Six Sigma... 53	
2) CAPITULO 2: DIAGNÓSTICO DEL SECTOR PLÁSTICO EN EL ECUADOR	60

2.1)	Situación Macroeconómica Actual en el Ecuador.....	60
2.2)	Análisis del Sector Plástico en el Ecuador	70
2.2.1)	Estructura financiera del sector plástico	77
2.2.2)	Hechos relevantes del Sector Plástico	80
3)	CAPITULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA FIRMA “RABESA S.A.”	86
3.1)	Descripción general de la empresa	86
3.2)	Historia de la empresa.....	87
3.3)	Misión, Visión y Objetivos Estratégicos de RABE S.A.....	88
3.4)	Portafolio de Productos	90
3.5)	Estructura organizacional de RABE S.A.....	93
3.6)	Mapa de Primer Nivel de RABE S.A.....	96
3.6.1)	Procesos Principales.....	97
3.6.2)	Procesos de apoyo.....	102
3.7)	Situación Financiera de RABE S.A.....	104
3.8)	Análisis de Área de Producción de RABE S.A.	111
4)	CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA SIX SIGMA Y PROYECTO DMAIC	124
4.1)	Antecedentes del proyecto	127
4.1.1)	Giro de la organización	127
4.1.2)	Mapa de primer nivel.....	127
4.1.3)	Indicadores claves y nivel de cumplimiento	130
4.1.4)	Áreas de oportunidad.....	131
4.1.5)	Problema seleccionado y justificación.....	133
4.1.6)	Intención inicial del proyecto	135
4.2)	DESARROLLO Y PRESENTACIÓN DE PROYECTO SIX SIGMA - EMPRESA RABE S.A.....	136
4.2.1)	Fase de Definición.....	137
4.2.2)	Fase de Medición	149
4.2.3)	Fase de Análisis	154
4.2.4)	Fase de Mejora.	166
4.2.5)	Fase de Control.....	169

CONCLUSIONES	170
RECOMENDACIONES.....	173
BIBLIOGRAFÍA.....	175
ANEXOS.....	179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Niveles de Six Sigma con sus DPMO	23
Tabla 2 - Indicadores Eficientes vs Indicadores Eficaces	33
Tabla 3 - Ejemplos de casos de éxito en Six Sigma	51
Tabla 4 - Detalle de exportaciones por tipo de producto y su representación. .	65
Tabla 5- Exportaciones Petroleras y No Petroleras en periodos 2009-2014. ...	67
Tabla 6 - Importaciones según su uso o destino económico desde el 2009 a 2014.....	67
Tabla 7 - Variaciones de importaciones según uso o destino económicos.....	69
Tabla 8 - Evolución de PIB Real Total vs PIB Real Manufactura entre los años 2009 y 2013.	73
Tabla 9 - Importaciones por tipo de resinas plásticas y variación en periodos 2011, 2012, 2013.....	76
Tabla 10- Estados de situación financiera y resultado del Sector Plástico en los periodos 2009-2013.	78
Tabla 11 - Índices Financieros del Sector Plástico desde el 2009 al 2013.	78
Tabla 12 - Repartición accionaria de la empresa RABE S.A.	87
Tabla 13 - Porcentaje de los compuestos utilizados para la elaboración de fundas biflex.....	92
Tabla 14 - Detalle del número de empleados según área de la empresa.....	94
Tabla 15 - Turnos de trabajo por cada proceso del área de producción.....	94
Tabla 16 - Estados de situación financiera y de resultado de RABE S.A. 2013.	105
Tabla 17 Razones Financieras de la actividad de RABE S.A. 2013.	108
Tabla 18 - Estadística descriptiva de la producción mensual por maquina.....	117
Tabla 19 - Estadística descriptiva de la producción diaria de los procesos de Corte y Perforación y Sellado.	123
Tabla 20 - Integrantes del Equipo Six Sigma para el proyecto de mejora en RABE S.A.	124

Tabla 21 - Parametros que se consideraron para levantamiento de información.	131
Tabla 22 - Estimación de desperdicio generado por maquinas extrusoras anualmente	134
Tabla 23 - Diagrama de flujo del proceso de extrusión Parte 1	138
Tabla 24 - Diagrama de flujo del proceso de extrusión Parte 2	139
Tabla 25 - 8 Dimensiones de Garvin del producto rollo de fundas plásticas biflex.	142
Tabla 26 - Recursos disponibles para el proyecto	144
Tabla 27 - Planificación de la primera etapa del proyecto	146
Tabla 28 – Lluvia de ideas sobre posibles causas del problema abordado	155
Tabla 29 - Causas principales de generación de desperdicio en proceso de extrusión	161
Tabla 30 - Plan de acciones 5W2H para disminuir desperdicio en extrusión – Parte 1	167
Tabla 31 - Plan de acciones 5W2H para disminuir desperdicio en extrusión – Parte 2	168

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Modelos de Gestión de la Calidad y Mejora Continua	9
Gráfico 2 - Capítulos de la ISO 9001:2008	11
Gráfico 3 – Modelo de Oakland para TQM según las 4 P's	16
Gráfico 4 - Modelo EFQM	17
Gráfico 5 - Definición de Six Sigma según sus enfoques	19
Gráfico 6 - Distribución normal estandar en niveles de seis sigma.....	23
Gráfico 7 - Los seis principios del Six Sigma	27
Gráfico 8 - Principio SMART para definir objetivos	34
Gráfico 9 - Las 8 dimensiones de Garvin.....	36
Gráfico 10 - Encabezado de Diagrama de Flujo de Proceso	37
Gráfico 11 - Formula de media o promedio muestral.....	39
Gráfico 12 - Formula de la desviación estandar de una muestra.....	40
Gráfico 13 - Formula del coeficiente de variación de una muestra.	42
Gráfico 14 - Ejemplo de Diagrama de Ishikawa	44
Gráfico 15 - Modelos para ejecución de la mejora en Six Sigma.....	45
Gráfico 16- Gráfico de la Evolución del PIB y su variación desde el 2009 hasta el 2013.....	60
Gráfico 17 - Contribuciones Absolutas a la variación entre IV Trim. 2013 vs IV Trim. 2012.....	61
Gráfico 18 - Contribuciones Absolutas a la variación entre II Trim. 2014 vs II Trim. 2013.....	62
Gráfico 19 - Gráfico de Exportaciones totales en los últimos 6 años y su variación anual.....	63
Gráfico 20 - Grafico de Exportaciones según tipo de productos (Miles de dólares) desde el 2009 hasta el 2014.....	64
Gráfico 21 - Exportaciones Petroleras y No Petroleras del Ecuador en los últimos 6 años.....	65
Gráfico 22 - Relación porcentual de Exportaciones Petroleras y No Petroleras sobre el Total de Exportación.	66

Gráfico 23 -Participación relativa de destinos económicos sobre total importaciones.....	68
Gráfico 24 - Balanza comercial del Ecuador desde el 2009 al 2014.....	70
Gráfico 25 - Distribución de empresas plásticas en el Ecuador según su ubicación geográfica.....	72
Gráfico 26 - Evolución PIB del Macro Sector de Industria Manufacturera y su relación con el PIB Total entre el 2009 y el 2013.....	73
Gráfico 27 - Principales Polimeros que se utilizan para la Industria Plástica....	74
Gráfico 28 - Importación total de resinas plásticas en toneladas por decada. ..	75
Gráfico 29 - Exportaciones de productos plásticos.....	77
Gráfico 30 - Organigrama de la compañía “Construcciones y arquitectura RABE S.A.”.....	93
Gráfico 31 - Mapa de proceso de primer nivel RABE S.A.....	96
Gráfico 32 - Maquina mezcladora de materias primas.....	98
Gráfico 33 - Foto de la tolva de la camina extrusora y el globo de plástico.	99
Gráfico 34 - Foto de rodillos que conducen las fundas plásticas.	99
Gráfico 35 - Foto de control de calidad realizado a muestra de funda plástica.	100
Gráfico 36 - Rollos de Plástico en la maquina de corte donde se fija el largo de la funda.....	100
Gráfico 37 - Fundas de plástico pasadas por la maquina perforadora.....	101
Gráfico 38 - Maquinas selladoras produciendo protectores.....	102
Gráfico 39 - Comparación gráfica del Indice de Liquidez entre RABE S.A. y la industria plástica	110
Gráfico 40 - Comparación gráfica del Indice de Endeudamiento entre RABE S.A. y la industria plástica.....	110
Gráfico 41 - Comparación gráfica del Margen de Utilidad Bruta entre RABE S.A. y la industria plástica.....	111
Gráfico 42 - Mapa de proceso de producción con Maquinas y Capacidades.	112
Gráfico 43 - Evolución de la producción en kilos del proceso de extrusión (Maquina 1 y 2).....	114

Gráfico 44 - Producción en kilos según maquina extrusora.....	114
Gráfico 45 - Producción en kilos según operador en proceso de extrusión. ...	115
Gráfico 46 - Producción en kilos según turno de trabajo.	115
Gráfico 47 - Rendimiento real de cada turno según jornadas trabajadas.	116
Gráfico 48 - Producción en kilos según tipo de producto.....	117
Gráfico 49 - Producción por maquina según tipo de producto.	118
Gráfico 50 - Histograma de la producción mensual por maquina.	119
Gráfico 51 - Producción según el ancho de las fundas.....	120
Gráfico 52 - Producción en kilos según espesor de la funda.	120
Gráfico 53 - Producción en proceso de Corte y Perforación de fundas biflex según color mas utilizado.	121
Gráfico 54 - Producción de fundas en corte y perforación según el ancho.....	122
Gráfico 55 - Desperdicios en kilos por maquinas extrusoras	122
Gráfico 56 - Comparación de fundas según el proceso final.	123
Gráfico 57 - Foto del taller Six Sigma realizado a Equipo Six Sigma de RABE S.A.	125
Gráfico 58 - Mapa de proceso de primer nivel de RABE S.A.	128
Gráfico 59 - Mapa de proceso de producción.	129
Gráfico 60 - Mapa SIPOC del proceso de extrusión	140
Gráfico 61 - Desperdicio del proceso de extrusión por maquina (En kilos).....	151
Gráfico 62 - Desperdicio del proceso de extrusión por mes (En kilos).....	151
Gráfico 63 - Desperdicio del proceso de extrusión por operador (En kilos)	152
Gráfico 64 - Desperdicio generado por turno (En kilos)	152
Gráfico 65 - Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto para la Generación de desperdicios.....	156
Gráfico 66 - Frecuencia de causas en la generación de desperdicios en extrusión	161

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 - Carta de autorización para uso y publicación de información de la empresa RABE S.A. con fines académicos para el presente trabajo de titulación.....	179
Anexo 2 - Muestra de las bases de datos del proceso de Extrusión (Resumen) según los parámetros de muestra seleccionados digitalizadas y procesadas por el autor.....	180
Anexo 3 - Muestra de las bases de datos del proceso de Extrusión (Detalle) según los parámetros de muestra seleccionados digitalizadas y procesadas por el autor.....	180

Otros Anexos

Anexo 4 - Informe de calificación y aprobación del proyecto firmado por el tutor-revisor

Anexo 5 - Informe del programa anti plagio del presente proyecto.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo el dar a conocer los conceptos básicos de la metodología Six Sigma partiendo desde sus principios, sus beneficios, sus herramientas y finalmente la aplicación práctica del modelo DMAIC en una empresa plástica de la industria ecuatoriana.

En el primer capítulo vamos a explicar todos los conceptos necesarios para entender la metodología Six Sigma, partiendo desde el origen de la calidad, los diferentes modelos de calidad y mejora continua que existen, los principios de la metodología Six Sigma y los beneficios que trae a las empresas que lo aplican, las herramientas que se utilizan en un proyecto Six Sigma y la explicación de cada una de las fases de un proyecto Six Sigma basado en el modelo DMAIC.

Después en el segundo capítulo desarrollaremos un diagnóstico del sector plástico en el Ecuador. Partiremos del análisis del estado actual de la economía nacional y su balanza comercial, después analizaremos la situación actual de la industria plástica, las importaciones de resinas plásticas, las exportaciones de productos plásticos y cuáles son los principales hechos relevantes que se han presentado en los últimos años.

En el tercer capítulo se realizara un diagnóstico de la empresa plástica RABE S.A. en la cual se desarrollara el proyecto Six Sigma. Empezaremos por conocer su objeto social, su estructura organizacional, su mapa de proceso de primer nivel, revisaremos cuales son los procesos de transformación del producto y mediante gráficos conoceremos su situación actual.

Finalmente en el cuarto capítulo, seleccionaremos el problema bajo el cual vamos a trabajar el proyecto y ejecutaremos cada una de las fases del proyecto Six Sigma. Empezaremos en la fase de definición para conocer el proceso involucrado, los requerimientos del cliente y se estructurara la planificación del

proyecto, después en la fase de Medición se explicara cómo se recopiló y proceso la base de datos para fijar la línea base de nuestro proyecto. En la fase de Análisis se utilizaran herramientas como Diagrama Ishikawa y ‘Los 5 porqués’ para identificar las causas raíces de nuestro problema y así poder definir el plan de mejora en la fase de mejora y los mecanismos de seguimiento y control en la fase de control.

Mediante el desarrollo de este proyecto se buscara no solo conseguir un interesante ahorro económico y disminuir los niveles de desperdicio que se producen en la empresa, sino que servirá como punto de partida para generar un cambio en la forma de trabajar de RABE S.A. y que se involucren a futuro en la cultura de la mejora continua Six Sigma.

ABSTRACT

The following titling project aims to raise awareness of the basic concepts of Six Sigma methodology starting from its principles, its benefits, its tools and finally the practical application of the DMAIC model in a plastic company in the Ecuadorian industry.

In the first chapter we will explain all the concepts necessary to understand the Six Sigma methodology, starting from the quality's origin, different models of quality and continuous improvement, the principles of Six Sigma and the benefits it brings to companies that apply it, the tools that are used in a Six Sigma project and the explanation of each of the phases of a project based on the DMAIC's Six Sigma model.

In the second chapter we develop a diagnosis of the plastics sector in Ecuador. We start analyzing the current state of the national economy and its trade balance, and then we analyze the current situation of the plastic industry, plastic resin's imports, exportation of plastic products and what main relevant events have occurred in the last years.

In the third chapter we make a diagnosis of the plastic company RABE S.A. in which applies the Six Sigma project. We begin by identifying its activities, its organizational structure, its process map, we will review the product transformation processes and finally we'll learn its current situation.

Finally in the fourth chapter, we'll start selecting the problem under which we will work on the project and execute each of the Six Sigma project phases. We start in the Define Phase for the process involved; we'll identify the customer requirements and make our project planning. After that, we start the Measure Phase in which we explain how we compiled and process the database to establish the baseline capability for the selected CTQ. In the Analyze Phase we

will use some tools like the Cause-Effect Diagram and ' The 5 Whys " to identify the root causes of our problem, so in that way we can do our improvement plan at Improve Phase and monitoring and control mechanisms in the Control Phase.

By developing this project we seek not only to get an interesting cost savings and reduce waste levels, but it will serve as a starting point to generate a change in the way they work at RABE SA and look forward to its involvement in the culture of continuous improvement with Six Sigma.

PALABRAS CLAVES

CTQ	Critical to Quality (Son todos aquellos requerimientos que solicita el cliente y que debe poseer un producto para que satisfaga las necesidades del cliente)
DMADV	Modelo de mejora y rediseño de procesos (Define, Measure, Analyze, Design, Verify)
DMAIC	Modelo de mejora: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)
IDOV	Modelo de mejora (Identify, Design, Optimize, Validate)
KPI	Key Performance Indicator o Indicador Clave de Desempeño
SIPOC	Un Mapa de proceso que nos permite identificar a los proveedores (Suppliers), las entradas (Inputs), las etapas del proceso (Process), las salidas (Outputs) y los clientes (Customers)
SIX SIGMA	Metodología de mejora continua que utiliza herramientas estadísticas con un enfoque hacia el cliente
TQM	Total Quality Management (Administración Estratégica de la Calidad Total)
VOC	Voice of the Customer (Voz del cliente)

JUSTIFICACIÓN

Hoy en día nuestro país ha formalizado un plan que apunta a un cambio en la matriz productiva que nos permita desarrollar no solo nuestra economía, sino también que fomente el desarrollo tecnológico de nuestras industrias para aumentar nuestros niveles de competitividad tanto dentro como fuera del país. Esto significa que existe un proyecto muy bien elaborado en el mediano y largo plazo (2013-2017) que le permitirá al país aprovechar de mejor manera los recursos renovables y no renovables para así convertirnos en un país que no solo exporte bienes primarios, sino que también despegue en la oferta de bienes secundarios o bienes elaborados.

Dentro del Plan Nacional del Buen Vivir, que es la ruta estratégica fijada por el Gobierno Nacional de la República del Ecuador, encontramos en el capítulo 6 los objetivos nacionales para el buen vivir, donde podemos destacar como puntos de interés, para este trabajo, el Objetivo 11 que habla sobre el “convertir la gestión de los sectores estratégicos en la punta de lanza de la transformación tecnológica e industrial del país” (SENPLADES, 2013) mediante la sustitución de las importaciones, la generación de valor agregado, la industrialización para la exportación, entre otros.

Por esto presento como propuesta la aplicación de una metodología de mejora continua, como lo es Six Sigma, y que es aplicada en países de primer mundo para que le permita a las empresas y/u organizaciones de diferentes sectores estratégicos e industriales de nuestro país, mejorar sus niveles de competitividad mediante la correcta planeación estratégica, generación de valor agregado en todos los procesos que intervienen en su flujo de producción,

eliminación de desperdicios¹ durante la producción y la creación de nuevos modelos de negocio que le permita aprovechar mejor la inversión realizada. Todos estos beneficios le permitirían a las organizaciones elevar sus niveles de competitividad mediante la realización de proyectos Six Sigma.

¹ Entiéndase como desperdicio todo aquello que no genere valor al proceso y que genere costes adicionales

1) CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1) Introducción

En la actualidad existe un mercado altamente competitivo a nivel mundial formado por empresas que buscan superar a sus pares mediante la aplicación de estrategias que fortalecen las diferentes áreas y líneas de negocios, con el fin de obtener una mayor participación de mercado y mejores beneficios económicos. También nos encontramos con un desarrollo de tecnologías de información con un crecimiento exponencial que ha sido determinante para la globalización de los negocios y han permitido superar cualquier obstáculo que se presente al momento de querer internacionalizar una industria.

Por lo expuesto, las empresas de hoy en día buscan la manera de permanecer y mantener su posición aplicando el mismo tipo de estrategias y métodos que les ayudan a no perder su cuota de mercado, pero esto no es suficiente para algunos empresarios. Existen muchos hombres de negocio que no solo buscan mantenerse, sino que también apuntan a crecer dentro de la industria en la que se desempeña, aumentar sus beneficios económicos, ser más eficientes en sus operaciones, y por sobre todo, dar un mayor nivel de satisfacción al cliente.

Para lograr todos los objetivos mencionados, los empresarios hoy en día deben buscar no solo mejorar sus operaciones, sino también tener la capacidad de innovar su modelo de negocios de tal manera que sea adaptable al dinamismo de los mercados y a las exigencias cambiantes de los clientes, recordando la cita de Heráclito que decía “Nada perdura sino el cambio”. La innovación de una empresa depende mucho de la creatividad que pueda tener de diseñar nuevos productos o servicios que beneficien a las partes tanto internas como externas y

de la correcta planificación de su plan de crecimiento (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2011).

Ahora que tenemos la visión de que es lo que los empresarios deben buscar, la cuestión es saber hacia dónde deben enfocar sus esfuerzos y cuál es el punto de partida bajo el cual armaremos un plan estratégico que le permita a la empresa crecer y desarrollarse. La respuesta a estas dos incógnitas es la misma: **El cliente**. Debemos de partir siempre de la idea de que el cliente es lo más importante para la organización, y que sin el cliente la empresa simplemente dejaría de existir y no tendría sentido. Por lo tanto, antes de iniciar cualquier acción, plan, técnica, metodología, estrategia, etc., debemos de pensar como esto podría brindarle un beneficio adicional y mejor calidad a nuestro cliente.

1.2) Que es Calidad

Ahora que nos dimos cuenta que las empresas deben buscar mejorar e innovar en un mercado tan dinámico como el de ahora, debemos de empezar por entender los conceptos básicos que a lo largo de la historia fueron tan determinantes para el crecimiento de la industria de la manufactura y servicios. Esto nos permitirá tener más claro cuáles son nuestros puntos de partida en este proyecto de titulación.

Iniciemos primero por definir el término Calidad. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2012) en su primer y segundo concepto definen a la calidad como “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor” y “Buena calidad, superioridad o excelencia”.

La norma vigente de la ISO 9000 (2005) define a la calidad como el “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” entendiendo como requisitos a la “necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria”.

Tomando el concepto brindado por la ISO 9000 podemos ver la importancia de que las características de nuestro producto² estén acorde a los requerimientos del cliente final y van a determinar el nivel de calidad brindado.

Para complementar este concepto vale la pena revisar la opinión de Joseph Juran, considerado el Padre de la Calidad, sobre la calidad de un producto. El menciona que las empresas deben de adecuar las características del producto hacia lo que el cliente realmente quiere y le parece importante para de esta manera poder aumentar los ingresos de la compañía.

Otro enfoque muy relevante que él menciona de la Calidad, es cuando se refiere a que en un proceso de producción de bienes o prestación de servicios debe de existir cero fallas y deficiencias. Esto provocaría un menor costo al reducir diferentes desperdicios como el reproceso, almacenamiento, etc. (Giugni, 2009)

Cabe destacar que Juran recalca que toda medida de **mejoramiento de la calidad** debe de arrancar desde los directivos y funcionarios de la empresa, e ir “contagiando” a los diferentes niveles para que pueda funcionar correctamente. La participación de los altos directivos es fundamental para que las acciones vayan alineadas al plan estratégico de la organización.

² Se puede considerar como Producto a un bien o un servicio

1.3) Origen y Evolución de la Calidad

La idea de la calidad no es un concepto nuevo, al contrario es un concepto que lleva muchos siglos de desarrollo y constante evolución según la época en la que se la quería explicar. Desde las primeras civilizaciones en la historia de la humanidad ya se podía apreciar la necesidad de hacer las cosas bien, sujetarse a ciertas normas y asumir las responsabilidades del trabajo realizado.

Desde el siglo XIII se habían formado asociaciones artesanales que fijaban una serie de reglamentos y legislaciones que permitieron dar los primeros parámetros de calidad al trabajo artesanal de esa época. Este tipo de iniciativas por fijar reglas y determinar variables críticas para la calidad del producto fueron desapareciendo a finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX, donde a causa de la Revolución Industrial ya no se buscaba producir mejores bienes, sino producir bienes en masa o en cantidades industriales que a la larga terminan sacrificando la calidad.

Entre las razones del decrecimiento de la calidad se encontraba el hecho de que diferentes conflictos sociales había desmerecido tanto a la mano de obra, que ya no existía una correlación entre el tipo de vida de los trabajadores y la rentabilidad de los bienes producidos en óptimas condiciones.

Otra característica del siglo XIX es que como consecuencia de masificación de las fábricas en diferentes partes del mundo, los trabajadores ya no conocían el destino final del producto que estaban elaborando por lo que perdían el interés de la calidad. Inclusive había la necesidad de una inspección previa a cada producto recibido para conocer el estado y poder continuar el proceso de transformación. Esto provocaba un incremento en costos, desperdicio de tiempo y deficiencias en la calidad del producto.

El modelo de inspección final también fue implementado a finales del siglo XIX. Este consistía en revisar el producto final y revisar sus características; si estaban dentro del rango de especificación entonces se aprobaba el producto, caso contrario se lo rechazaba y se lo enviaba a reprocesar y en ciertos casos a desechar totalmente. El reproceso y el desecho de los productos causan una elevación en los costos innecesaria para cualquier compañía.

En este tipo de sistemas existe el riesgo de que se a pesar de la inspección, se apruebe algún bien que no cumpla con todas las características que requiere el cliente y se produzca un nivel de insatisfacción elevado. Por otro lado al tener una gran cantidad de productos defectuosos se incrementaban los costos de reproceso, almacenamiento de material defectuoso, gastos operativos, etc.

Estos problemas hicieron que las organizaciones buscaran una alternativa de control de calidad que les permita subsanar las pérdidas económicas que se generaban por causa de los defectos y el reproceso. Aquí es donde Walter Shewhart y Dodge Romig sobresalen y durante la Segunda Guerra Mundial desarrollan la técnica de Control Estadístico del Proceso en la empresa Western Electric de Bell Telephone, que busca controlar las diferentes variables que intervienen en los procesos de creación del producto e identifican la variabilidad que puede tener cada uno de ellos (Rosete, 2009). De esta manera se toma acciones que corrijan el error en la producción y se reducía el número de inspecciones realizadas. Por medio del CEP podemos conocer no solo las medidas de tendencia central de un proceso sino también el comportamiento de la variación que tienen los datos.

El concepto siguió evolucionando y en la década de los cincuenta surge el Aseguramiento de la Calidad. Este concepto nace en el departamento de Defensa de los Estados Unidos de América y en Gran Bretaña ya que se

identifica la necesidad de involucrar al resto de áreas y departamentos de la organización para el diseño, la planeación y la ejecución de las políticas y objetivos de calidad. Esto permite que los departamentos aporten valor a la política y que cada uno defina cuales son los requerimientos que deben de cumplir los procesos para que generen un producto a la altura de los requerimientos del cliente y sea apto para su uso. Ya desde aquí se comienza a sumar los conceptos costes de calidad, manual de calidad, auditorios de calidad y acciones correctivas.

A partir de 1980 se comienza a fortalecer la necesidad de considerar a la calidad como un actor influyente en los resultados del plan estratégico de una compañía. Es de aquí de donde nace la teoría de la Administración Estratégica de la Calidad Total o Total Quality Management (TQM), donde propone no solo un control estadístico de procesos sino que también busca incluir la influencia del mercado que lo rodea en las decisiones estratégicas. En esta teoría ya no se define a la conformidad según las especificaciones del proceso, sino que la conformidad equivale a los requerimientos del cliente para ser aceptado.

La Administración Estratégica de la Calidad Total ya apunta a generar un cambio en la cultura de la empresa partiendo desde la dirección hasta los operadores. Este cambio cultural involucra la búsqueda de la mejora en la producción y la reducción de costos de forma constante mediante la Calidad de la Gestión.

Años después, Motorola desarrollo un nuevo sistema, que basado en la figura de proyectos de mejora, busca solucionar varios problemas que pueda poseer la organización mediante herramientas estadísticas que permiten identificar la variabilidad de los procesos y reducirlo al máximo. Este sistema se lo llamo Six Sigma. La fortaleza de este sistema es que engloba algunas técnicas y

conceptos de algunos modelos de calidad previos como CTQ, Control Estadístico de los procesos, Ingeniería de la Calidad, Aseguramiento de la Calidad, entre otros. Esto lo convierte en uno de los sistemas de calidad y mejora continua más sólidos que existe en la actualidad.

1.4) Modelos de Gestión de la Calidad y Mejora Continua

A lo largo de la historia se desarrollaron varios modelos de gestión que podrían ayudarnos a disminuir el error y la variabilidad de nuestros procesos con el fin de aumentar la satisfacción de nuestro cliente por medio del mejoramiento continuo de nuestra cadena de valor. Todos los modelos tienen sus ventajas y enfoques particulares que dependiendo de la empresa que desee aplicarlo significara un mayor o menor beneficio.

A continuación presento los modelos más representativos y sus principales características:

Gráfico 1 - Modelos de Gestión de la Calidad y Mejora Continua



Fuente: ASQ 2015. Realizado por: El autor.

1.4.1) ISO 9000, un modelo de aseguramiento de la calidad

Muchos países han adoptado ciertas medidas regulatorias para imponer estándares de calidad, seguridad, salud y medio ambiente, a las empresas y de esa manera poder fijar una base técnica que sirva como referencia para legislarlas de una manera común. Estas medidas las toma cada país en base a los objetivos gubernamentales y las preocupaciones nacionales que tenga en ese momento.

La certificación ISO 9001 no busca regular o controlar, sino ofrecer estándares aceptados internacionalmente para que las operaciones de cada empresa estén alineadas a los requerimientos de los clientes. Mediante esta certificación las empresas demuestran que sus procesos son capaces de responder las necesidades de los clientes de manera que multiplican el valor agregado que ofrecen y controlan la calidad necesaria para que el producto sea aceptado.

Generalmente las empresas medianas y grandes son las que se interesan más en evaluar la calidad del producto y como este afecta positivamente o negativamente mis actividades antes que basar su decisión de compra por las experiencias previas o el aspecto económico. Es aquí donde la ISO 9001 aparece como una solución ya que mediante una evaluación al proveedor se demuestra que toda su cadena de producción está debidamente estandarizada y controlada por procesos que aportan al cumplimiento de objetivos estratégicos y también se llevan todos los documentos necesarios para demostrar el cumplimiento de los requerimientos del cliente.

Desde los inicios de la certificación ISO 9001 muchas empresas se han puesto como meta conseguirla para mejorar la imagen corporativa que tienen, pero más importante que eso debe existir el compromiso de parte de toda la

organización a cumplir con los estándares establecidos e ir por la búsqueda de la mejora en el desempeño de sus actividades. Es un error común pensar que el obtener este certificado va a hacer que los clientes creen que los productos que se ofrecen son de excelente calidad y por lo tanto se evitara cualquier proceso de calificación o auditoria. Al contrario, al obtener este certificado la empresa debería abrir sus puertas y demostrar que siempre cumple con los procedimientos estipulados, que se llevan los registros, que se controlan los procesos, que se realizan auditorías internas, que se llevan los indicadores de gestión y que mediante la certificación ISO 9001, la empresa ha conseguido un cambio positivo en su desempeño.

Actualmente la norma ISO 9001:2008 es la única certificable del sistema de gestión de la calidad y está compuesta de 8 capítulos que determinan los aspectos que se deben estandarizar para conseguir la certificación y la mejora de los procesos. Los capítulos de la norma que definen el Sistema de Gestión de la Calidad son:

Gráfico 2 - Capítulos de la ISO 9001:2008



Fuente: Norma ISO 9001:2008. Realizado por: El autor.

Los Capítulos del 1 al 3 tratan sobre las generalidades que debe cumplir el Sistema de Gestión de Calidad (SGC), las referencias normativas de la norma ISO 9001:2008 y los términos y definiciones más importantes donde se destaca el conceptos de producto como bien o servicio.

El Capítulo 4 nos detalla los requisitos generales del SGC donde se menciona los deberes de la organización como (International Standard Organization, 2008):

- Determinar los procesos necesarios para el SGC
- Determinar la secuencia e interacción de estos procesos
- Determinar criterio para definir la eficacia de la operación y control
- Disponibilidad de los recursos y de la información
- Dar seguimiento, medición y análisis a los procesos
- Realizar las acciones necesarias para alcanzar los resultados propuestos

Este capítulo también hace hincapié en los requisitos documentales que pide el SGC, cuales son los tipos de documentos, como debe controlar los documentos y como debe controlar los registros del sistema.

En el Capítulo 5 que trata de la Responsabilidad de la Dirección, se trata sobre la importancia del compromiso de la dirección con el SGC, la importancia de tener un enfoque al cliente, la definición de la política de calidad, la planificación del SGC, la definición de los roles, autoridades y responsabilidades del personal hacia el sistema en todos los niveles de la organización y la comunicación interna que se debe manejar en la empresa.

La gestión de los recursos se trata en el capítulo 6. Aquí se denota la importancia de la provisión de los recursos a todos los procesos de la empresa

para que puedan cumplir con los objetivos del SGC. Como punto destacable menciona que el personal que trabaje en puestos que impacten en la conformidad del bien o servicio realizado deberá ser competente para el puesto y ser formado constantemente para mejorar su aporte al producto. La infraestructura y el ambiente de trabajo donde se realicen las actividades deben ser óptimos ya que afectan al resultado final del producto.

El capítulo 7 se refiere a la realización del producto. Aquí se brinda, a mi criterio, una base muy sólida sobre los estándares que debe de cumplir la cadena de valor para poder satisfacer los requisitos comunes de los clientes de hoy en día. Empieza desde la planificación de la realización del producto que debe ser coherente al resto del sistema y reflejar el cumplimiento de los objetivos de la calidad. Después trata de explicar la comunicación que debe existir con el cliente y como esta define los requisitos relacionados con el producto.

Una vez que la empresa se retroalimenta con los requisitos que tiene el cliente sobre el producto, se deberá entrar en las etapas de diseño del producto; las mismas que son:

- Planificación del diseño de producto
- Determinación de los elementos de entrada del diseño
- Resultados del diseño y desarrollo
- Revisión del diseño y desarrollo
- Verificación del diseño y desarrollo
- Validación del diseño y desarrollo
- Control de cambios del diseño y desarrollo

Una vez cumplida la fase del diseño, la empresa se preocupara de asegurarse que el proceso de compra adquiriera productos o insumos que cumplan con los requisitos necesarios para la aceptación del producto. Para esto la organización deberá evaluar y seleccionar a sus proveedores en función de su capacidad de proveer un producto de calidad que cumpla los criterios de compra determinados por la empresa. De ser necesario, la organización deberá realizar una verificación de los productos comprados para asegurar el cumplimiento de los requisitos e impedir el ingreso de un material o servicio no conforme a etapa de producción o prestación de servicios.

Luego se habla de la producción y/o prestación de servicios de la empresa y como debe ser controlada de tal forma que se aplique correctamente las cláusulas que se mencionan en el inciso 7.5.1 de la ISO 9001:2008. Para esto debe existir una validación de los procesos que intervienen en la producción y/o prestación de servicios y que el proceso incluya la identificación y trazabilidad del producto todo el tiempo que el mismo se esté transformando para poder conocer el estado en que se encuentra.

Finalmente el capítulo 7 menciona que el producto final debe ser preservado hasta el punto de entrega al cliente para asegurar el cumplimiento de los requisitos determinados por el mismo. Un apoyo para el control del producto es que la organización determine equipos de control y seguimiento que brinde evidencia de la conformidad del producto.

El capítulo 8 de la norma ISO 9001:2008 habla sobre el seguimiento, la medición y las mejoras que debe implementar la organización para el aseguramiento de la calidad. Para esto la norma propone herramientas como las auditorías internas que permiten identificar las causas de no conformidades

potenciales y reales para tratarlas a través acciones preventivas y correctivas correspondientemente y mejorar la eficacia del sistema de gestión de calidad.

En el capítulo 8 indica finalmente que uno de los deberes de la organización es el de determinar, recopilar, y analizar los datos correctos para poder demostrar el estado actual del sistema de gestión de calidad. Recordemos que parte importante de la mejora es el análisis de datos que nos permite conocer el estado actual de un proceso y determinar su comportamiento a lo largo del tiempo.

En conclusión se observa que la norma ISO 9001:2008 provee una serie de requerimientos que nos permiten asegurar la calidad de los procesos que integran las operaciones. Pero a pesar de esto no es considerado un sistema de mejora continua como el TQM o el Six Sigma.

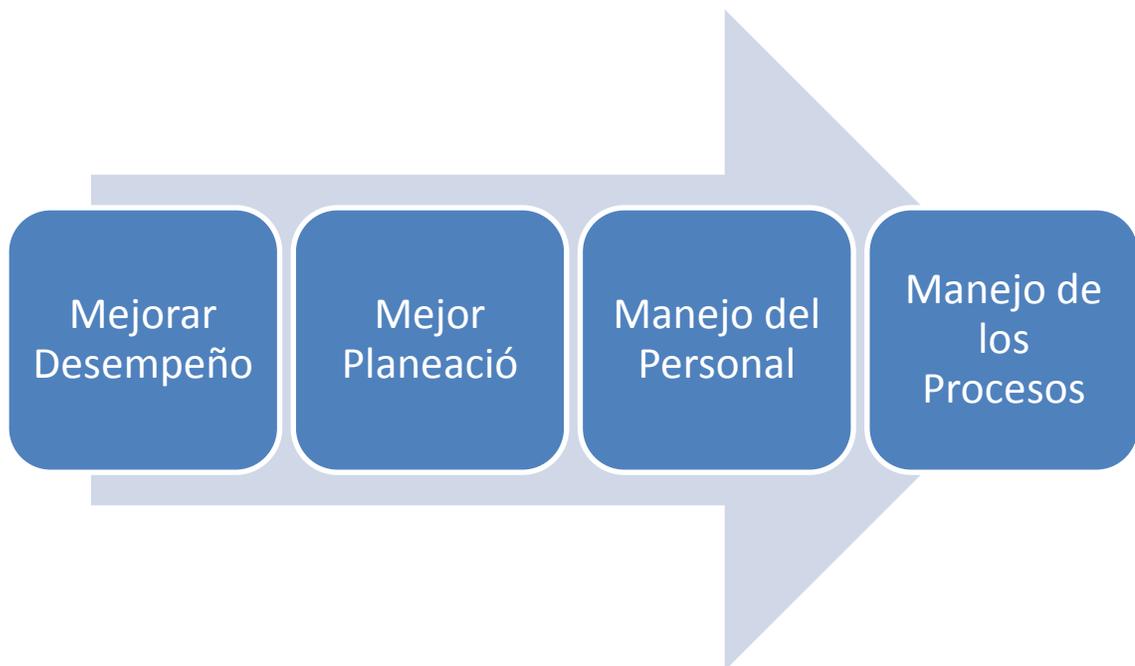
1.4.2) Administración Estratégica de la Calidad Total (TQM)

La Administración Estratégica de la Calidad Total o TQM por sus siglas en ingles es la evolución del modelo de aseguramiento de la calidad en el cual la conformidad del producto no solo está determinada por el cumplimiento de los requisitos externos, sino que también debe venir acompañada por la satisfacción de clientes y las partes interesadas del negocio, el efectivo cumplimiento de metas, la reducción de costos, el mejoramiento de los procesos, el involucramiento del personal y desarrollo de la cadena de suministros. Esto lo convierte en uno de los modelos más completos que existe y demuestra la madurez que puede tener la empresa en el aspecto de la calidad para poder competir en un mercado cada vez más agresivo e innovador.

Hoy en día las tecnologías de información hacen que cualquier error o defecto que se presente en una empresa, se haga conocer a miles de millones de clientes o posibles clientes en un tiempo muy corto, por lo que se debe de cuidar la imagen corporativa que tiene la organización. Este modelo es mucho más amplio en su cobertura ya que busca mejorar el desempeño e imagen de la empresa a nivel interno y externo de tal manera que se conozcan las mejoras realizadas por todos los interesados.

Uno de los principios del TQM es que la mejora se estructure mediante el concepto del “Modelo de Oakland para TQM” que se basa en las 4 P’s (Performance, Planning, People, Processes por sus nombres en inglés) como el grafico presentado abajo:

Gráfico 3 – Modelo de Oakland para TQM según las 4 P’s

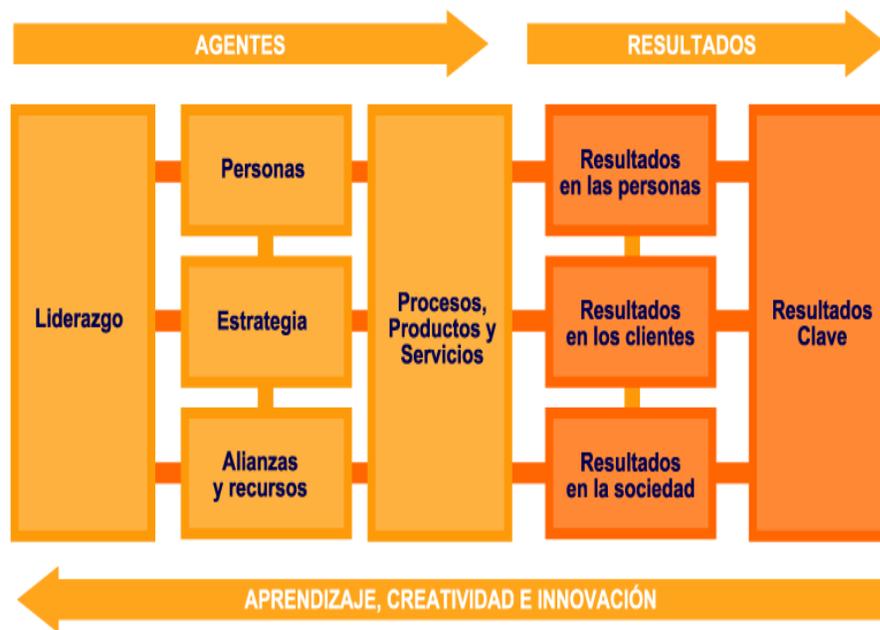


Fuente: Oakland, J. S. (2014). Realizado por: El autor

Otro de los principios que incluye el TQM es el de hacer las cosas bien desde el principio y no esperar a que el producto llegue al final para detectar el error. No se acepta la posibilidad de que se puede presentar el error ya que en este modelo, cada una de partes del macro proceso debe de cumplir con los requisitos de su cliente (Interno o Externo) a la perfección.

El modelo TQM se baso mucho en las teorías de Edward Deming, Joseph Juran y Philip Crosby los cuales buscaron replicar el impresionante nivel de éxito que estaban teniendo las industrias manufactureras de Japón en Estados Unidos. Entonces se fijo como concepto clave mejora el considerar a la empresa como un sistema conformado por una serie de procesos responsables de generar valor a un cliente y entregar resultados eficientes y eficaces. El modelo EFQM fue el resultado de la búsqueda de la excelencia en ese tiempo y se lo considero como el más apropiado para representar

Gráfico 4 - Modelo EFQM



Fuente: (EFQM, 2012) Realizado por: EFQM

1.5) Metodología Six Sigma

Para iniciar la explicación de esta metodología me gustaría partir del hecho de que la gran mayoría de empresas hoy en día buscan más mantenerse en el negocio, que ser líderes en el mercado. Esto básicamente se da porque a lo largo del tiempo los requerimientos de los clientes han ido cambiando y se han vuelto mucho más exigentes, por lo tanto la forma de trabajar de hoy ya no será suficiente el día de mañana. Esto obliga a las empresas a “sobrevivir” o vivir el día a día para poder mantenerse, pero esta no es la situación ideal.

Como mencionamos en los modelos anteriores, las empresas a través de las últimas décadas se han venido preocupando más del Control de la Calidad (Inspección) y del Aseguramiento de la Calidad (ISO) que de hacer las cosas bien desde el inicio, es decir que estas metodologías son más reactivas que proactivas. Esto creó una separación en las tareas del personal a tal punto que se llegó a pensar que la responsabilidad de conseguir la máxima satisfacción del cliente recaía en las personas que realizaban la inspección y no en quienes elaboraban el producto o prestaban el servicio. Este concepto estaba erróneo y por eso en las últimas décadas fueron evolucionando las teorías y modelos de la calidad hasta llegar a la que hoy se conoce como Six Sigma.

1.5.1) Definición de Six Sigma

Six Sigma es un proceso disciplinado y muy bien estructurado diseñado con el fin de elaborar un bien y/o brindar servicios sin ningún error. Mediante esta metodología se busca mejorar todos los procesos que aportan valor al producto, identificando y eliminando las principales causas de un problema o defecto. Para poder conseguir esto se debe lograr generar un cambio en la cultura de la organización que vaya enfocado a brindarle lo mejor al cliente.

Las definiciones sobre Six Sigma pueden variar según el enfoque bajo el cual se lo quiera analizar (Munro, Maio, Nawaz, Ramu, & Zrymiak, 2009).

Gráfico 5 - Definición de Six Sigma según sus enfoques



Fuente: Munro, Maio, Nawaz, Ramu, & Zrymiak (2009). Realizado por: El autor

El enfoque filosófico o procesal me dice que Six Sigma me debe ayudar a definir, medir, analizar, mejorar y controlar todos los procesos ya definidos en la cadena de producción de mi empresa. También me dice que los procesos necesitan de inputs (Entradas) para producir outputs (Salidas), por lo que si controlas la calidad de los inputs se entiende que puedes controlar la calidad de los outputs.

Otro enfoque es el que ve a Six Sigma como un conjunto de herramientas cualitativas y cuantitativas que usarían los equipos de trabajo Six Sigma para poder desarrollar sus proyectos de mejora. Aquí se destacan herramientas

como Control Estadístico del Proceso, Cuadros de control, Diagrama de Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa), Cuadros de Modo a Prueba de Fallas, Mapeo de Proceso, entre otras herramientas.

El enfoque metodológico reconoce a Six Sigma como una metodología basada en una serie de pasos estrictos y rigurosos llamada DMAIC que los responsables de ejecutar el proyecto deberán cumplir. El método DMAIC empieza desde la definición del problema y termina en la implementación de las soluciones de largo plazo que se encuentren. A pesar de que DMAIC no es la única técnica que existe para desarrollar proyectos Six Sigma, es la más conocida y usada a nivel mundial.

El último enfoque es el que ve a Six Sigma como métrica. En términos muy sencillos, se dice que para que un proceso alcance la calidad del nivel Six Sigma debe de tener un desempeño que genere máximo 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO).

1.5.2) Origen del Six Sigma

Empezó en 1978 cuando en una reunión entre los ejecutivos de Motorola, el Vicepresidente Art Sundry destacó que la calidad de los productos estaba estancada, entre esos los más importantes como radios de carro y los televisores que en ese tiempo producía Motorola. Es curioso que finalmente la fábrica de televisores fue vendida a finales de la década de los 70's y paso a producir televisores Quásar que eran de mucho mejor calidad que los que producía Motorola cuando estaba a cargo de la planta a pesar de tener a los mismo operadores. Esto llamo la atención a los directivos y permitió identificar un problema en la dirección y manejo de la planta.

En el año 1981 el presidente de Motorola, Bob Galvin después de reunirse con algunos de sus principales clientes y estudiar la calidad actual de los productos que ofrecía Motorola, decidió que iban a concentrarse en disminuir los errores y defectos que se producían en su proceso de manufactura en diez veces con un tiempo máximo de 5 años plazo para conseguirlo y a la vez identificar las actividades que no agregaban valor a la producción para eliminarlas o minimizarlas y así reducir el tiempo total del ciclo de producción. Todo esto mediante un procesamiento estadístico de los datos y otras herramientas que le iban permitir identificar las causas de los problemas con mayor facilidad.

En 1987 finalmente Motorola consigue los objetivos planteados y disminuye los defectos en producción en diez veces. El problema estuvo en que la gran mayoría de los competidores ya habían conseguido mayores mejoras en el mismo lapso de tiempo. Por lo tanto la mejora de Motorola fue buena pero 5 años se consideró un plazo demasiado alto para conseguirla.

Es aquí donde ellos se plantearon renovar los objetivos del proyecto de mejora y decidieron que iban a disminuir los defectos en 10 veces cada 2 años, 100 veces cada 4 años y que su meta final iba a ser tener tan solo 3.4 defectos por cada millón de productos hasta el quinto año. Es aquí donde se dio el nacimiento del término Six Sigma y se lo represento con la unidad de DPMO³. Como extra se agregó como objetivo la reducción del 50% del ciclo de producción creando sinergia entre los procesos de la empresa.

Cuando el proyecto ya estaba en marcha los directivos se dieron cuenta de que ya se estaban presentando algunos beneficios para la empresa:

³ DPMO es Defectos Por Millón de Oportunidades

- Reducción de defectos según lo planificado
- Reducción del ciclo de producción según lo planificado
- Reducción de desperdicios internos y externos
- Reducción del tiempo de ciclo de mercado
- Reducción de costos de producción y tiempos de respuesta
- Mejor calidad de los productos ofrecidos
- Incremento en la satisfacción del cliente
- Reducción de costos de garantía de productos
- Innovación de la tecnología utilizada en producción

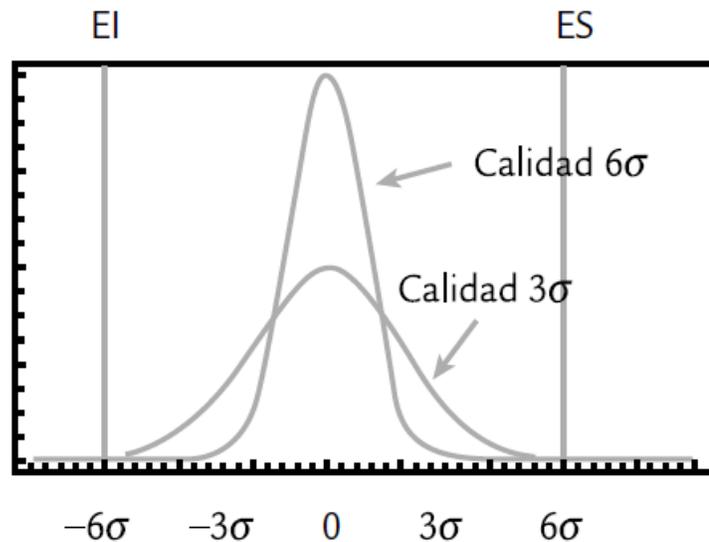
Motorola estaba cumpliendo todos los objetivos que se había propuesto y mucho más, por lo que en 1988 recibió el premio nacional de la calidad en Malcolm Baldrige en su primera entrega. Al recibir este premio, Motorola debía compartir sus experiencias de mejora en la calidad con otras empresas a lo largo de los Estados Unidos.

Entre 1989 y 1993, Motorola consiguió el apoyo de Texas Instruments, ABB y Kodak para formar el Instituto Six Sigma. Después desde mediados de la década de los 90's, empresas como General Electric y también Allied Signal popularizaron la implementación de la metodología Six Sigma al atribuir el incremento de su segmento de mercado a los resultados obtenidos por su apuesta en la calidad nivel Six Sigma.

Cuando nos referimos al origen del término Six Sigma, este proviene del número de desviaciones estándares que se alejan de la media y que generan un valor de 3.4 defectos por millón de oportunidades. Este fue un estándar fijado por los pioneros de este modelo al desplazar la curva en forma de distribución normal estándar 1.5 sigmas a la derecha. La explicación del desplazamiento es que en un proceso perfectamente centrado el número de

desperdicios que se salen de los límites de especificación sería de 0.002 DPMO, lo cual es un valor prácticamente perfecto e irreal de alcanzar.

Gráfico 6 - Distribución normal estandar en niveles de seis sigma



Fuente: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009.

Realizado por: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009

Tabla 1 - Niveles de Six Sigma con sus DPMO

Nivel de Sigma	Sigma (con el cambio 1.5σ)	DPMO	% de defecto	% cubierto
1	-0.5	691,462	69%	31%
2	0.5	308,538	31%	69%
3	1.5	66,807	6.70%	93.30%
4	2.5	6,210	0.62%	99.38%
5	3.5	233	0.0023%	99.9977%
6	4.5	3.4	0.00034%	99.99966%
7	5.5	0.019	0.0000019%	99.9999981%

Fuente: Blog Web de Nicolas Iracheta, 2013.

Realizado por: El autor

1.5.3) Beneficios de Six Sigma

Todos estos conceptos apuntan a que la empresa que decida implementar la metodología Six Sigma, deberá de involucrarse en el desarrollo continuo de los proyectos de mejora usando las herramientas que nos provee el sistema, para poder analizar los procesos y mejorarlos de tal manera que se reduzca los desperdicios al máximo. Esto puede sonar muy ambicioso y utópico, pero las empresas que se han decidido por este camino, han logrado beneficios muy grandes que han cambiado su desempeño en la industria de forma radical. A continuación se menciona algunos de los beneficios que puede traer la implementación de Six Sigma.

- 1) **Genera éxito sostenido:** Six Sigma es una metodología que le permite a la empresa generar las habilidades necesarias para que mediante el desarrollo cultural de la mejora continua, se obtengan un crecimiento sostenido y no se desaparezca del mercado. La empresa podrá innovar constantemente sus productos y deberá rediseñar constantemente sus procesos para adaptarse al nuevo mercado y salir adelante.

- 2) **Ayuda a definir objetivos de desempeño:** Uno de los problemas más grandes que puede existir en las organizaciones grandes es el de alinear a todo su personal para que trabaje en la misma dirección y se concentre en un objetivo común. En especial esta situación se complica si observamos que cada unidad de negocio, departamento, y cada persona tiene metas y objetivos distintos y particulares. Para esto Six Sigma nos ayuda a determinar como objetivo coherente entre todas las partes de la organización, el desempeño. Así que se buscara definir cuál es el producto que entrega cada una de las partes y medirlo mediante el

cumplimiento de las especificaciones del cliente, para poder evaluar su rendimiento frente al objetivo. En conclusión, al medir cual es el rendimiento de cada persona, departamento o proceso se podrá ir tomando acciones que corrijan los defectos encontrados y apunten a la excelencia Six Sigma.

- 3) Aumentar el valor para el cliente:** Las compañías de hoy en día se han percatado que la mayoría de sus productos no alcanzan la calidad que deberían de tener. Considerando que la competencia cada vez se vuelve más fuerte, el hecho de que la empresa de bienes o servicios “buenos” o que no tengan “mayores defectos” no es sinónimo del éxito. Por lo tanto se debe buscar dar un producto excelente que cumpla los requerimientos que representen valor para el cliente y que mediante óptimas operaciones, se haga rentable.
- 4) Acelera la tasa de mejora:** Las empresas deben buscar mejorar sus procesos cada vez más rápido para superar las expectativas de mejora que puede tener el cliente y ganar la “carrera” a la competencia. En pocas palabras, no solo se debe mejorar el desempeño, sino también se buscare mejorar la mejora.
- 5) Proporciona aprendizaje a todos los niveles:** Una de las bases para implementar la mejora mediante la metodología Six Sigma es el de capacitar a todos los niveles de la empresa desde los ejecutivos hasta los operadores para que los valores y principios se puedan ejecutar de forma vertical. El involucramiento de las personas que participen en los proyectos de mejora servirá para que formen una carrera dentro de la empresa y se le abran nuevas oportunidades.

6) Arrastra un cambio estratégico: Mediante la aplicación de esta metodología, se buscara que la empresa sea capaz de realizar cambios mayores, innovar en sus productos, hacer cambios significativos en su cadena de valor, entrar en nuevos mercado, hacer alianzas estratégicas y tomar muchos más riesgos que contribuyan a su crecimiento en el mercado.

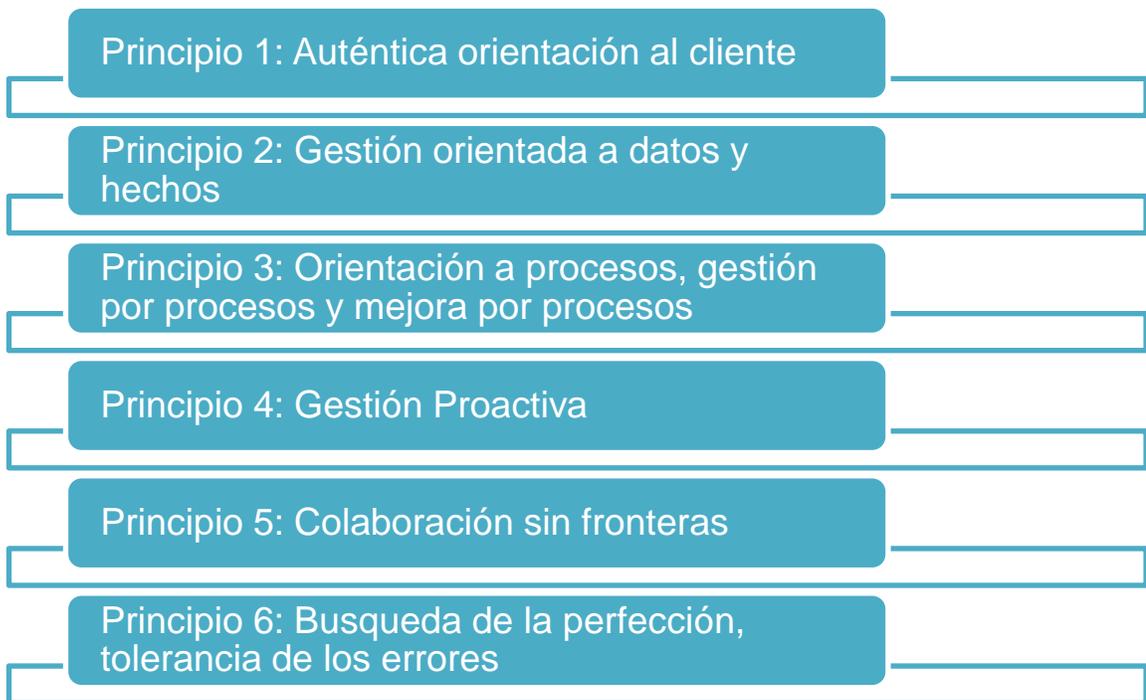
7) Mayores beneficios económicos: Por ultimo pero no menos importante, la ejecución de proyectos de mejora Six Sigma le permitirá a la empresa generar beneficios económicos muy importantes al disminuir la estructura de costos, eliminar desperdicios y generar nuevas fuentes de ingresos. Al final todo gira sobre el impacto financiero que la empresa obtenga.

1.5.4) Los 6 principios del Six Sigma

Para poder entender los elementos críticos de este sistema de mejora vamos a explicar cada uno de los seis principios que destacan y bajo los cuales debemos de actuar durante todas las fases de la implementación. Es clave que exista una campaña de comunicación sobre estos principios a través de toda la organización para involucrar a todo el personal y asegurar la colaboración al momento de tomar las acciones necesarias.

Los principios del Six Sigma (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2011) son los siguientes:

Gráfico 7 - Los seis principios del Six Sigma



Fuente: Pande, Neuman, & Cavanagh, 2011. Realizado por: El autor

El primer principio nos indica que de que todos los esfuerzos del Six Sigma van a ir dirigidos hacia la plena y constante satisfacción de los requerimientos del cliente. Para esto se actualizara constantemente cuales son las necesidades que posee el cliente el día de hoy y no se trabajara con las de ayer, ya que el cliente cambia constantemente sus requerimientos y no podemos trabajar con datos aislados. Este fue uno de los principales defectos del modelo de la calidad total, que a pesar de definir políticas orientadas a lo que el cliente quiere en un punto determinado, se olvidó del dinamismo que estas poseen y no fueron constantes en esta preocupación.

El segundo principio se refiere a la importancia de dirigir y tomar decisiones que se sustenten con evidencia objetiva y hechos reales. No se debe admitir la toma

de decisiones por supuestos y opiniones, sino que se debe empezar por aclarar que se debe de medir para poder tomar la decisión, después se evalúa los resultados, y finalmente se optimiza el desempeño de nuestro objetivo.

En el tercer principio se pone al proceso como el vehículo clave en el camino del éxito de la compañía. Six Sigma ha logrado demostrar la importancia que tiene el dominar los procesos de transformación de bienes o prestación de servicios para poder generar valor agregado a los clientes.

El cuarto principio recalca la importancia de ser proactivos en todo momento y en todos los procesos de la empresa. Es decir, anticiparse a los acontecimientos y hacer parte de nuestro hábito, todas las tareas ignoradas por el resto de personas. Una persona proactiva buscará siempre ir revisando el estado de sus principales indicadores y así poder evaluar el cumplimiento de los objetivos planteados. El ser proactivos trae beneficios económicos a la empresa ya que el prevenir los posibles problemas es más económico que el corregir los errores, y más aun cuando los errores llegan a ser detectados por el cliente. Six Sigma nos va a brindar herramientas que cambian nuestro pensamiento reactivo por un estilo más dinámico, atento y sensible ante cualquier variación.

En el quinto principio trata sobre la colaboración sin fronteras que debe de existir en una empresa. Para esto se busca romper las barreras horizontales y verticales que puede haber en una estructura organizacional y promover el trabajo en equipo en todas las líneas de elaboración del producto. Six Sigma busca crear conciencia a cada una de las personas sobre su rol en la empresa y como contribuyen sus actividades a la creación del valor agregado. La colaboración sin fronteras requiere que el personal tenga mayor comprensión sobre los requerimientos del cliente final y del flujo del trabajo del proceso en el cual está participando.

Finalmente tenemos el principio de la búsqueda de la perfección y la tolerancia de los errores, el cual a pesar de parecer contradictorio posee mucha lógica y crea una idea complementaria. Todas las ideas de mejora en un proceso acarrearán un riesgo, por lo tanto, si las personas que tuvieron las ideas sienten temor al fracaso no van a buscar ejecutar su idea de mejora y el proceso se va a quedar estancado. Six Sigma busca que siempre se impulsen los proyectos de mejora para buscar la perfección de un proceso y a la vez provee herramientas para poder gestionar los errores o circunstancias que se pueden presentar en el desarrollo del proyecto.

1.5.5) Roles y Responsabilidades de los diferentes actores del Six Sigma

Para poder implementar correctamente el modelo Six Sigma en una empresa, ya hablamos de que debemos de crear una integración vertical y horizontal de todos los niveles de la empresa para que consigamos cumplir con los objetivos planteados. Pero adicional a eso se debe destacar a ciertos factores críticos que serán parte de todo el proceso de mejora y dependerá de ellos el éxito de la gestión realizada.

El Ejecutivo Superior o Presidente: El Presidente de la compañía será el responsable de dirigir, alinear y proveer todos los recursos necesarios para el éxito de la implementación del modelo. Para esto es vital que el directivo se capacite sobre el direccionamiento Six Sigma, alinee los objetivos estratégicos a largo plazo con el desarrollo de proyectos de mejora Six Sigma, brinde seguimiento constante a los proyectos de mejora que tiene la organización, analice y tome decisiones innovadoras que lleven al crecimiento de la empresa según los resultados de los proyectos, y finalmente busque promocionar/premiar a los Champions por sus logros en los proyectos.

Es vital que exista un gran nivel de involucramiento de parte de la cabeza de la compañía. Se conoce en base a experiencias de muchas empresas que el éxito de la implementación del modelo Six Sigma está directamente relacionado con el apoyo y compromiso que tenga la dirección. A pesar de que se puede iniciar el desarrollo de proyectos, no se creara un mayor impacto mientras la dirección no se involucre y tome el liderazgo.

El directorio o Ejecutivos: Son los ejecutivos que conforman el directorio de la empresa que deben tener el mismo compromiso y operar en el mismo nivel del Presidente. Son aquellos responsables de conocer la metodología de tal forma que puedan asignar los proyectos a los champions, black belts y green belts y se encargan de darle el seguimiento más cercano al estado de los proyectos para que de ser necesario se tomen acciones que aporten a la consecución del objetivo. Serán responsables de evaluar el desempeño del proceso Six Sigma y de remover cualquier barrera o problema que se presente.

Champion: Un Champion es aquel que tiene el papel de un líder activo dentro del proceso Six Sigma y deberá conducir al éxito todos los proyectos Six Sigma que se plantee la organización. El cargo de Champion debe ser ejercido por un integrante del directorio o por alguien que le reporte directamente al directorio para que tenga la autoridad de remover barreras que se presente durante la implementación Six Sigma sin tener que ir a niveles superiores. Este es un cargo clave y estratégico debido a que la persona que ocupe este cargo deberá ser el responsable de trabajar muy de cerca con los líderes de proyectos o Black Belts.

El Champion también será responsable de identificar los posibles proyectos que se pueden desarrollar, definir y discutir los objetivos de cada proyecto con el directorio, seleccionar el líder de cada proyecto Six Sigma, servir como vía de

comunicación entre los equipos Six Sigma y el directorio, y controlar/evaluar el desempeño y el presupuesto de cada equipo Six Sigma.

Master Black Belt: Es como un líder de los equipos Six Sigma y se define por haber realizado varios proyectos Six Sigma con éxito dentro de la organización. El Master Black Belt deberá identificar, priorizar y coordinar los proyectos Six Sigma, buscar desarrollar de forma constante el proceso de Six Sigma en la empresa, aplicar Six Sigma a lo largo de todas las áreas de la empresa (Administrativa, Comercial y Operativa) y enseñar las técnicas y herramientas necesarias a los Black Belts y Green Belts.

Black Belts: Es una persona dedicada 100% a ser el agente de cambio y mejora dentro de la organización y a la vez es el responsable de dirigir y terminar un proyecto de mejora que se le asigne. Por ser clave para la ejecución del proyecto, debe tener ciertas habilidades y fortalezas como se detalla a continuación:

- Liderazgo y manejo de equipos de trabajo
- Destrezas con las estadísticas
- Conozca técnicas para mejorar procesos
- Habilidad para comunicarse con las personas
- Enfoque al cliente
- Trabaja bajo presión
- Conoce las herramientas Six Sigma

Mediante estas habilidades el Black Belt será capaz de: dirigir a su equipo de trabajo durante las fases del proyecto, comunicarse con el dueño del proceso que se está mejorando, coordinar las reuniones de trabajo y seguimiento, ayudar a los miembros del equipo a coordinar la recolección de la información y

el análisis de las causas y entrenar a los integrantes sobre las herramientas que debe conocer.

Green Belts: Es una persona que trabaja de forma parcial en los proyectos de mejora. Un Green Belt puede ser parte de un equipo Six Sigma o ser líder de proyectos de mejora más sencillos. Los Green Belts son los responsables de ejecutar las diferentes fases que conlleva el proyecto y de interactuar directamente con la fuente del problema. En este nivel es clave tener una fuerte habilidad estadística y conocer las herramientas de mejora que se utilizarán en cada fase del proyecto.

Dueños del proceso: Es el responsable directo del proceso del cual se está realizando el proyecto Six Sigma. Es la persona que dará la orden de realizar cualquier cambio en el proceso que genere un resultado positivo y sea producto del proyecto Six Sigma. Esta persona será responsable de proveer toda la información que necesite el equipo de trabajo, brindar las facilidades al equipo de trabajo y brindar los recursos necesarios para el proyecto.

En algunas organizaciones se utilizan los niveles de Yellow Belts y White Belts para poder involucrar a personal operativo y e influir en ellos para que colaboren con la implementación de la metodología, el desarrollo de los proyectos de mejora y se sientan parte del cambio que se vive en la empresa,

1.5.6) Indicadores en Six Sigma y Definición de Objetivos

La métrica en Six Sigma es el centro de todos los proyectos de mejora. Generalmente la métrica se expresa a través de un indicador, el mismo que nos permite identificar los cambios en el tiempo y determina si un proceso está estable o tiene altos niveles de variabilidad. Existen varios tipos de indicadores,

pero en términos generales podemos definir 2 clases relevantes: Los indicadores de eficacia y los indicadores de eficiencia. A continuación presentamos una tabla que describe cada uno.

Tabla 2 - Indicadores Eficientes vs Indicadores Eficaces

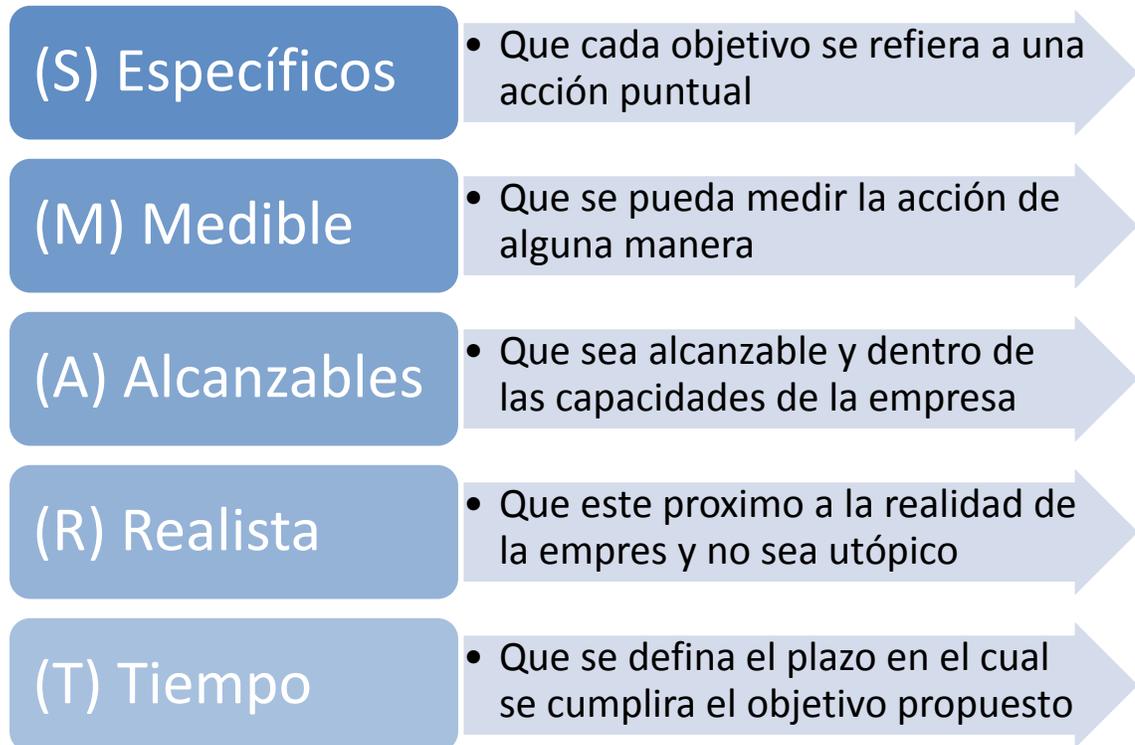
	Ineficaz	Eficaz	
Uso de los recursos	No se alcanza los objetivos pero no se desperdician recursos	Se alcanzan los objetivos y se utilizan bien los recursos	Eficiente
	No se alcanzan los objetivos y se desperdician recursos	Se alcanzan los objetivos pero se desperdician recursos	Ineficiente
	Alcance de objetivos		

Fuente: Dr. Antonio Rodriguez Gómez, 2014. Realizado por: El autor

Es importante que los indicadores estén bien definidos de tal forma que se pueda detectar el problema a tiempo y también se pueda medir las posibles causas del problema para solucionarlo. En el enfoque de Six Sigma es elemental que todos los procesos que participan en la cadena de valor de la empresa sean medidos y evaluados constantemente para encontrar oportunidades de mejora de manera continua.

Sin embargo para que el indicador nos permita analizar lo previamente mencionado debe de basarse en objetivos estratégicos de la organización, los mismos que deberán cumplir el principio SMART (En inglés Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time Based) que se explica a continuación:

Gráfico 8 - Principio SMART para definir objetivos



Fuente: Dr. Antonio Rodriguez Gómez, 2014. Realizado por: El autor

1.5.7) Herramientas para proyectos Six Sigma

Para el desarrollo de los proyectos Six Sigma se pueden utilizar una serie de herramientas que sirven para el análisis, proyección e interpretación de los datos. Mediante la aplicación de estas herramientas podremos identificar los problemas, identificar los requerimientos del cliente, analizar las causas y diversas otras tareas que debemos de cumplir en todas las fases del pro

- Mapa de proceso de Primer Nivel
- Histograma de frecuencia
- Diagrama de flujo de proceso

- Las 8 dimensiones de Garvin
- Lluvia de ideas
- Diagrama de Ishikawa
- Análisis de causa raíz (Los 5 porqués)
- Gráfico de Pareto
- Plan de acción 5W2H
- Estadística Descriptiva
- SIPOC
- Muestreo
- Gráficos de control
- Diagrama de dispersión
- Lista de verificación

Existen muchas herramientas de todo tipo, pero para motivo de este proyecto vamos a explicar las más básicas y necesarias, de tal forma que cualquier persona que inicia por primera vez un proyecto pueda entenderlas y aplicarlas en su organización.

1) Las 8 dimensiones de Garvin: Esta herramienta nos permite identificar cuáles son los requerimientos del cliente que quiere en nuestro producto para quedar plenamente satisfecho. Es una herramienta que se la utiliza en la fase de Definición del proyecto Six Sigma y se divide los requerimientos en 8 categorías. Todos los requerimientos que se detallen en esta herramienta deben ser escritos en el lenguaje del cliente y no en lenguaje del proceso afectado.

Gráfico 9 - Las 8 dimensiones de Garvin



Fuente: Dr. Antonio Rodriguez Gómez, 2014. Realizado por: El autor

En Desempeño se debe colocar cual es la principal característica que debe tener el producto para cumplir el fin por el que se lo adquiere. En Características Secundarias debe de detallarse todos los otros factores que pueden agregar valor al producto según el cliente. En Confiabilidad se detalla la garantía que desea el cliente sobre el producto recibido. Después en Durabilidad se detalla cuanto tiempo el cliente espera que el producto dure o su vida útil. En Conformidad se debe mencionar cuales son las especificaciones previas del producto que debe de cumplir, generalmente se detalla a través de un contrato.

Después vienen las tres dimensiones que tratan de la imagen del cliente hacia el producto. Primero en Atención y Amabilidad se debe mencionar cual es el trato que el cliente espera recibir de parte de los responsables de proveer el producto. En Estética se detalla cual es el aspecto físico del producto que el

cliente espera y su presentación. Por último en Calidad Percibida se ubica la imagen actual del cliente en relación al producto y al proveedor.

2) Diagrama de flujo de proceso: El fin de esta herramienta es conocer paso a paso cuales son todas las actividades que se realizan para cumplir con el proceso seleccionado. Para poder analizar el proceso se debe reunir con el dueño del proceso e ir detallando paso a paso, por más pequeño que sea, las actividades realizadas e ir midiendo cual es el tiempo y el costo de cada una. Luego se clasifica cada actividad según su tipo (Operación, Transporte, Inspección, Demora y Almacenaje) y se traza el flujo del proceso.

Finalmente se identifica cual actividad agrega valor al producto y cuáles no. La idea de esto es poder identificar cuáles son las actividades sobre las cuales podemos trabajar un proyecto de mejora y en el caso de que no agreguen valor, buscar eliminarlas o disminuir su tiempo/costo. Esta herramienta se la utiliza en la fase de Definición del Proyecto Six Sigma.

Gráfico 10 - Encabezado de Diagrama de Flujo de Proceso

Producto / Subensamblable:									
Proceso:									
Diagrama elaborado por									
Hoja		Fecha							

Nomenclatura					
Símbolo	●	➔	■	D	▼
Significado	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacén

Resumen			# Actual	\$ Actual
Operaciones				
Transportes				
Inspecciones				
Demoras				
Almacenamientos				
Total				

Tiempo (en min)	Costo	Actividad					Descripción	Adiciona valor	
		●	➔	■	D	▼		Si	No

Fuente: Dr. Antonio Rodriguez Gómez, 2014. Realizado por: El autor

3) Mapa de proceso de Primer Nivel: Una vez que se ha identificado los requerimientos del cliente se debe definir cuáles son los procesos necesarios para poder generar el valor necesario a nuestro producto. El mapa de proceso de primer nivel muestra a detalle los procesos críticos de transformación o prestación del servicio con sus interacciones correspondientes desde que el cliente realiza el requerimiento del producto hasta que se le entrega el producto final. También se muestra los procesos de apoyo y los procesos estratégicos.

4) Estadística descriptiva: La Estadística Descriptiva es una herramienta que se encarga de recolectar, procesar y presentar datos de tal manera que se pueda sacar conclusiones generales sobre el comportamiento de los datos y sus características principales.

Es recomendable que para realizar un análisis o estudio sobre el comportamiento de los datos, se seleccione una muestra durante un periodo considerable para que los resultados presenten el verdadero desempeño del proceso. Una muestra aceptable puede estar entre los 50 y 120 datos.

Dentro de la estadística descriptiva nos vamos a concentrar en dos tipos de medidas comunes que se pueden utilizar para conocer el comportamiento de los datos: Las medidas de tendencia central y las medidas de dispersión.

Las medidas de tendencia central se refieren a los valores sobre los cuales los datos o mediciones de una variable suelen concentrarse (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009). Esto nos permite conocer si el proceso que estamos analizando se encuentra centrado y en que dato. A continuación se presenta las tres medidas de tendencia central: la media, la moda y las mediana.

La **Media** es el promedio de los datos recolectados que se obtiene de la suma de todos los datos dividida para el número total de datos. La fórmula sería la siguiente:

Gráfico 11 - Formula de media o promedio muestral

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Fuente: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009.

Realizado por: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009

Es importante destacar que la media muestral corresponde a un cierto número de datos del promedio y por lo tanto no va a ser igual a la media poblacional.

La **Mediana** se le dice al valor que se encuentra en la mitad de los datos después de ordenarlos de menor a mayor. Cuando el número de datos a analizar es impar, la mediana será justo el número que se encuentre en la mitad de esta serie, caso contrario si el número de datos es par entonces la mediana vendría a ser el promedio de los dos datos que se encuentran en la mitad de la serie de datos.

La **Moda** se refiere al dato que se repita más veces dentro de una conjunto de datos en otras palabras es el que tenga mayor frecuencia.

Para poder analizar una serie de datos es importante que consideremos las tres medidas de tendencia central y así conozcamos que tan centrado está el proceso. Si las tres medidas dan como resultado un valor aproximado o exacto se puede decir que tenemos un proceso muy centrado.

A pesar de esto las medidas de tendencias central no son suficiente para sacar conclusiones y determinar si un proceso está controlado o no. Esto se debe a que estas medidas no nos demuestran el nivel de dispersión que tienen los datos y que tan alejados del promedio se encuentran. En otras palabras las medidas de tendencia central no son suficientes como criterio de calidad ya que no se considera la variabilidad de los datos, lo cual es muy importante para Six Sigma.

A continuación se presenta las tres medidas de dispersión: la desviación estándar, el rango, el coeficiente de variación.

La **desviación estándar** puede ser muestral o poblacional. La desviación estándar muestral es una medida que permite determinar la variabilidad de una muestra de datos y nos indica que tan dispersos están en relación a la media. Esta medida es crítica para determinar si un proceso está controlado o no. Para este caso donde se saca la dispersión de una muestra la fórmula es la siguiente:

Gráfico 12 - Formula de la desviación estandar de una muestra

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Fuente: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009.

Realizado por: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009

Donde $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ son las diferentes observaciones numéricas que se presentan en la serie de datos, n es el tamaño de la muestra y \bar{x} es el promedio de la muestra. Esta fórmula permite medir la dispersión o la distancia

que existe entre cada uno de los datos de la muestra en relación con su promedio dentro de un número determinado de valores. Esta medida nos ayuda a detectar si una serie de datos tiene casos atípicos o muy alejados de la media que podrían estar afectando el promedio de la muestra.

En el caso de la desviación estándar poblacional se utiliza todos los datos de la población o proceso basado en el criterio de selección y se utiliza una fórmula muy similar a la anterior. Las diferencias es que en el denominador del término que se encuentra dentro de la raíz cuadrada solo se ubica el número de datos de la población, es decir N , y también ya no se representa por la letra S sino que se utiliza la letra griega sigma (σ).

En el caso de que elevemos al cuadrado la desviación estándar obtendremos la medida conocida como varianza muestral, la cual no veremos a mayor detalle en este documento, pero si es muy importante cuando entramos al campo de inferencia estadística.

La otra medida de dispersión es el **Rango**, el cual nos permite conocer la amplitud de la serie de datos que estamos analizando. Esto se obtiene de la diferencia entre el dato mayor y el dato menor de la serie seleccionada. Es una medida cuyo resultado de dispersión no depende del número de datos que contenga la serie.

Finalmente tenemos el **coeficiente de variación**, el cual es una medida que muestra la magnitud relativa que existe entre la desviación estándar de una serie de datos en relación a la media de los mismos datos. Esta medida es muy importante al querer comparar las desviaciones de dos o más variables que tienen un diferente número de datos. La fórmula es la siguiente:

Gráfico 13 - Formula del coeficiente de variación de una muestra.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} (100)$$

Fuente: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009.

Realizado por: Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009

5) Muestreo: El muestreo es una herramienta que nos ayuda a inspeccionar y analizar el comportamiento de una porción significativa de una población de elementos para obtener resultados que se puedan considerar replicables a nivel poblacional. Las muestras seleccionadas deben ser elegidas aleatoriamente y deben ser representativas en el lote.

La técnica del muestreo generalmente es utilizada para poder aceptar o rechazar lotes de productos. Entre las ventajas encontramos que nos ayuda a disminuir costos y tiempo de inspección. Pero las desventajas son que existe el riesgo de aceptar lotes malos o rechazar lotes buenos y se puede obviar cierta información sobre el proceso o producto. Existen dos tipos de muestreos: Muestreo por atributos (Características del producto) y Muestreo por variables (Acepta o Rechaza, Si o No)

6) Plan de acción 5W2H: Esta herramienta sirve para planificar todas las actividades que resultaron como propuesta de acción para gestionar las causas raíces del problema seleccionado. Es un formato muy sencillo que se basa en 7 preguntas:

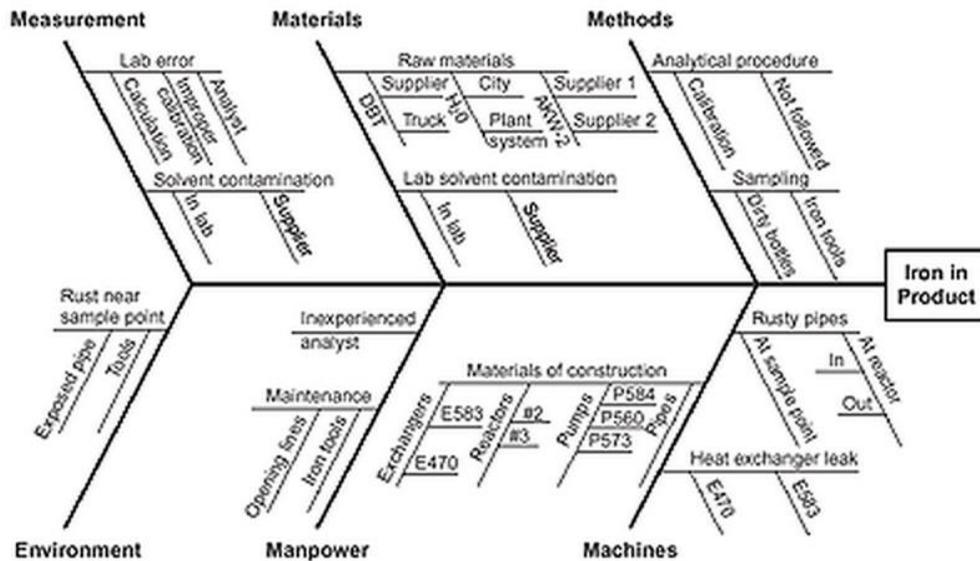
- (1W - What) ¿Que hay que hacer?
- (2W – Why) ¿Porque hay que hacerlo?
- (3W – Who) ¿Quién debe hacerlo?
- (4W – When) ¿Cuándo debe hacerse?
- (5W – Where) ¿Dónde debe hacerse?
- (1H – How) ¿Cómo debe hacerse?
- (2H – How much) ¿Cuánto costara?

7) Diagrama de Ishikawa: El diagrama de Ishikawa o también conocido como el diagrama de causa-efecto o diagrama de espina de pescado, es una herramienta que usan los equipos Six Sigma para poder organizar las posibles causas (X's) que pueden estar generando el problema seleccionado (Y's). Todas las posibles causas que se ubican en el Ishikawa provienen de una lluvia de ideas que elaboro previamente el equipo Six Sigma en conjunto con el dueño del proceso (Gitlow & Levine, 2012).

Las posibles causas que salgan de la lluvia de ideas se clasifican bajo las siguientes categorías claves (ASQ, 2005):

- Métodos
- Maquinaria
- Mano de Obra
- Materiales
- Medición
- Medio Ambiente

Gráfico 14 - Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: ASQ, 2005. Realizado por: ASQ

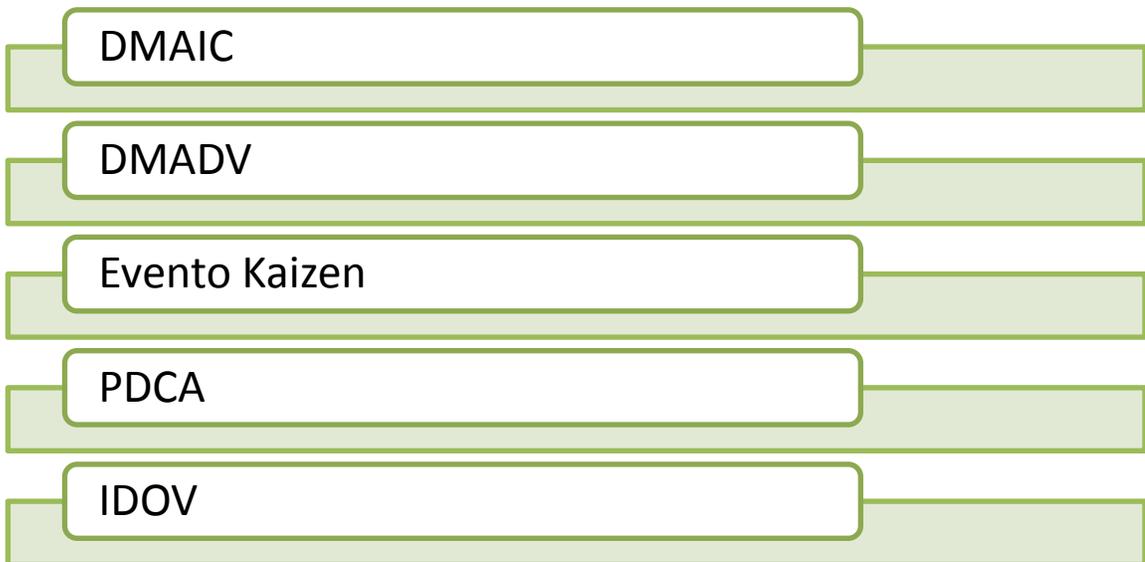
8) Análisis de causa raíz (Los 5 porqués): Esta es una de las herramientas más sencillas de utilizar para detectarla verdadera causa raíz partiendo de una causa principal. Para poder aplicar la herramienta, debemos de empezar desde una de la causas principales y preguntarnos por qué ocurre eso, después a esta respuesta le vuelvo a aplicar una pregunta por qué y así sucesivamente hasta llegar a la verdadera causa raíz. Una vez que se ha definido cuál es la causa raíz se comienza a fijar acciones para mitigar la verdadera causa y de esta forma ir tomando acciones que van cubriendo el resto de causas.

ES importante destacar que uno debe de continuar preguntándose porque las veces que sea necesario para llegar a la verdadera causa raíz, aun si la identifico en el tercer por qué como en el séptimo por qué.

1.5.8) El modelo DMAIC

Existen diferentes tipos de modelos que nos permitirán desarrollar con éxito los proyectos de mejora continua dentro de nuestra organización según lo que queramos conseguir. A continuación se presenta algunos modelos:

Gráfico 15 - Modelos para ejecución de la mejora en Six Sigma



Fuente: (Munro, Maio, Nawaz, Ramu, & Zrymiak, 2009) Realizado por: El autor

El modelo más popular a nivel mundial para realizar proyectos de mejora es el DMAIC que viene de las siglas en inglés Define, Measure, Analyze, Improve y Control que se traducen al español en el Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Este modelo es uno de los más completos por cumplir con todas las fases de un proyecto y a la vez porque se preocupa de todos los aspectos que involucra la empresa.

Para desarrollar cada una de las fases se pueden utilizar diversas herramientas siempre y cuando se cumplan los objetivos principales de cada una. A

continuación vamos a explicar brevemente cada una de las fases, sus metas y como conseguirlas y cómo impacta en el éxito del proyecto.

1.5.8.1) Fase Definir

En la fase de definición se busca cumplir cuatro propósitos: El primero es identificar un problema que exista en la organización, el segundo es el de conocer totalmente cómo funciona el proceso afectado, el tercero es identificar cuáles son los requerimientos del cliente (Voz del Cliente) sobre el producto seleccionado y finalmente el definir la planificación del proyecto Six Sigma.

1) Identificar el problema: Para identificar el problema debemos de tener un cuadro de mando que nos permita visualizar todos los indicadores de desempeño claves (KPI Key Performance Indicator) y detectar alguna diferencia problemática entre el estado actual y el estado ideal de un indicador. Por lo tanto esta diferencia debe estar afectando el cumplimiento de uno de los objetivos estratégicos de la empresa y se debe actuar inmediatamente a través de un proyecto de mejora Six Sigma (Gitlow & Levine, 2012).

Los problemas a tratar en un proyecto también pueden surgir por requerimiento de los directivos de la organización o directamente por exigencia de nuestros clientes.

2) Conocer cómo funciona el proceso: Una vez que se identificó el problema a tratar debemos de conocer cuál es el proceso que se encarga de generar el producto involucrado y sobre el cual deberemos de tomar acciones al respecto. Luego para conocer más profundamente un proceso se pueden utilizar dos herramientas que se encargan de diagramar los límites y actividades que se realizan (Munro, Maio, Nawaz, Ramu, & Zrymiak, 2009).

- **Diagrama de flujo de proceso:** Se encarga de definir todas las actividades para elaborar el producto, sus costos, tiempos y responsables. Nos permite identificar si una actividad agrega o no agrega valor al producto.
- **SIPOC:** Es una herramienta que identifica los proveedores del proceso, las entradas que después van a ser procesadas, los niveles superiores del proceso y las salidas (productos) que generan y cuáles son los clientes finales que tiene el proceso (Gitlow & Levine, 2012).

3) Identificar los requerimientos del cliente: La Voz del Cliente es el punto de partida para cualquier proyecto de mejora que queramos desarrollar. Por esta razón debemos de averiguar cuáles son las características críticas que el cliente (CTQ) desea que el producto tenga. La herramienta más utilizada para este propósito es las 8 dimensiones de Garvin que nos permite categorizar los requerimientos del cliente para poder enfocar las acciones que deriven del proyecto.

4) Definir la planificación del proyecto: En esta fase se define cuáles van a ser los participantes del proyecto, quienes lo van a patrocinar, cuales son los recursos disponibles, cuales son las fechas de entrega y se programa todas las actividades que se necesiten para cumplir el proyecto.

1.5.8.2) Fase Medir

Partiendo de una correcta definición del problema y proceso afectado, se comienza a medir cada una de las variables críticas para el cliente y se determinan el estado actual de cada una de ellas. Para esto se utilizara una

serie de herramientas que demuestren la capacidad del proceso y nos ayuden a sacar conclusiones sobre las posibles causas del problema.

- Histograma de Frecuencia
- Gráficos de Control
- Muestreo
- Diagrama de Pareto
- Gráficos de dispersión
- Gráficos de barra
- Estadística Descriptiva
- Procesamiento de datos
- Otros.

Las mediciones que se realicen deben referirse a un CTQ y considerar todas las variables. Debe existir información objetiva que soporte al momento de analizar y presentar el proyecto. Con la información que se recopile en esta fase se debe de definir la línea base y las capacidades de cada uno de los CTQ para que al final del proyecto se compare los resultados obtenidos.

1.5.8.3) Fase Analizar

La Fase de Análisis de un proyecto Six Sigma es aquella que le permite analizar toda la información recopilada en la fase anterior y detectar las posibles causas (X's) que generan el problema (Y's). El éxito de esta fase depende mucho la definición y medición que se hayan realizado antes.

Primero se debe de realizar una lluvia de ideas con el equipo de trabajo para identificar las posibles causas del problema considerando cada uno de los CTQ.

Después se las clasifica utilizando la herramienta del Diagrama de Ishikawa. Una vez que ya tenemos las posibles causas clasificadas, debemos de comenzar a probar el nivel de impacto crítico que tiene cada una de estas mediante datos y evidencia objetiva. Así el equipo podrá determinar cuáles son las causas principales que afectan a cada CTQ del problema seleccionado.

Las causas principales son todas aquellas que afectan el proceso y provocan una disminución del indicador de desempeño del CTQ, pero estas no necesariamente son el fondo del problema. Para esto se aplica la técnica de los 5 porqués, y mediante una serie de preguntas se determina cuáles son las verdaderas causas raíces del problema.

1.5.8.4) Fase Mejora

Esta es la fase en la cual se planifica y ejecuta todas las acciones derivadas de la identificación de las causas raíces. Aquí cada uno de los miembros del equipo debe enfocarse en intervenir en la operación del proceso afectado y realizar experimentos estadísticos que determinen la viabilidad de las acciones finales. Es importante que se considere el riesgo de las acciones a tomarse para así poder preparar un plan de contingencia en el caso de que llegara a ocurrir algún error o defecto adicional.

Después se realiza un estudio piloto en el proceso afectado para determinar la capacidad del proceso y la variación del indicador de desempeño de los CTQ seleccionados. Finalmente el equipo de trabajo define el plan de acción definitivo y consigue la aprobación de los Champions y Dueños de procesos para ejecutarlo.

Las herramientas utilizadas en esta fase son:

- Diseño de experimentos
- Inferencia Estadística
- Pruebas Pilotos
- Plan de Acción 5W2H
- Modos a prueba de error
- Implementación de Poka-Yoke
- Otros.

1.5.8.5) Fase Controlar

Esta fase consiste en determinar medidas de control que aseguren el mantenimiento de los resultados a largo plazo. Primero se define mecanismos de seguimiento y control de cada una de las principales variables que afecte los CTQ's involucrados en este proyecto. Se analiza cuáles son los posibles efectos colaterales que podrían afectar a los procesos relacionados en base a las acciones tomadas y se define las acciones curativas en caso de que se presenta alguna novedad.

Ya con las acciones tomadas se deberá hacer los cambios en los procedimientos relacionados con el proceso y se mantendrá el cumplimiento de los mismos. Una forma de asegurar este cumplimiento es mediante auditorias de seguimiento ISO 9001:2008.

Una vez fijados los mecanismos de control el líder del equipo y el dueño del proceso podrán dar el seguimiento correspondiente. Hay 4 posibles escenarios que se podrían presentar (Gitlow & Levine, 2012):

1. Las X's del proyecto se mantienen estables y controladas en el nivel esperado.

2. Las X's del proyecto se mantienen estables pero no cumplen con el desempeño requerido. En este caso el dueño del proceso debe tomar acciones para aumentar sus capacidades y cumplir con los CTQ's.
3. Las X's del proyecto no son estables pero la capacidad del proceso cumple con los CTQ's. Este escenario es muy peligroso porque a pesar de que el proceso cumple el desempeño deseado, en cualquier momento podría escaparse de las manos y provocar un impacto negativo a los clientes.
4. Las X's del proyecto no son estables y la capacidad del proceso no es la adecuada. En este escenario se debe revisar y replantear las acciones del proyecto.

1.5.9) Casos de éxito de implementación Six Sigma

Six Sigma es una metodología que ha tenido éxito en varias empresas, tanto en la industria manufacturera como en la industria de prestación de servicios a nivel mundial. A continuación presentamos una tabla con los casos más destacados.

Tabla 3 - Ejemplos de casos de éxito en Six Sigma

Empresas Manufactureras	Empresas de Servicios
AT&T	Amazon.com
Bombardier	American Express
Foxboro	Bank of America
General Electric	Capital One Services
IBM-UK	J.P. Morgan Chase
Motorola	Merill Lynch
Texas Instruments	Microsoft

Fuente: (Gitlow & Levine, 2012). Realizado por: El autor.

En el Ecuador también existen casos de éxito de empresas que se involucraron en un cambio cultural y decidieron implementar Six Sigma como parte de su plan estratégico. A continuación se menciona algunos ejemplos:

1) Grupo Difare: Es una empresa dedicada al sector farmacéutico con una cobertura actual de más de 3400 puntos de venta a nivel nacional. Los proyectos de mejora se enfocaron en la reducción de reclamos por errores logísticos y la reducción de back order y pérdidas de ventas. El resultado del proyecto mejoro ambos aspectos que representaron \$1,000,000 de dólares de beneficio para la empresa.

2) Banco Amazonas: Es una institución financiera del Ecuador que opera desde 1975. Entre los proyectos de mejora que implementaron se encuentra el de incrementar el número de solicitudes pre-calificadas aprobadas de uno de sus productos financieros. El resultado del proyecto fue un incremento en las aprobaciones del producto en un 25% y además se logro reducir el tiempo de respuesta de cada solicitud. Esto causo un beneficio económico de \$40,000 anuales.

3) Seguros Pichincha: Es una empresa con 19 años de experiencia en la venta de seguros de vida. Uno de sus proyectos de mejora fue el de reducir los costos en el proceso de venta telefónica. Los resultados fueron una reducción del 3% en el costo de entrega de cada póliza y un aumento de la entrega efectiva de pólizas en un 15%.

4) Cervecería Nacional: Empresa cervecera más grande del Ecuador con 125 años en el mercado. Su proyecto de mejora consistió en la reducción de inventarios de repuestos y consumibles para optimizar capital de trabajo. El resultado fue una reducción del inventario en un 23.76% con respecto a la

valoración inicial. Esto causo una liberación de recursos financieros, ahorro y optimización en la función de compras.

5) Telconet S.A.: Empresa de telecomunicaciones, líder en el mercado corporativo a nivel nacional que opera desde 1995. Entre sus proyectos de mejora encontramos la reducción de tiempos de soporte técnico, reducción de reproceso en la fase de diseño y desarrollo interno en el área de sistemas, incremento en ventas de productos no tradicionales, incremento en la satisfacción de clientes del producto Netlife, entre otros 8 proyectos de mejora que han desarrollado durante el 2014. El resultado ha traído beneficios financieros estimados en \$300,000 dólares.

1.5.10) Entrevista con Dr. Antonio Rodríguez Gómez sobre Six Sigma

Para aclarar mas los conceptos de la metodología Six Sigma y como podría afectar positivamente no solo a la empresa, sino también al sector en el cual se desenvuelve, realice una entrevista al Dr. Antonio Rodríguez Gómez. A continuación presento un pequeño resumen de su perfil profesional y académico:

- Doctor en Administración (Organizaciones) en la U.N.A.M.
- Maestría en Administración de Empresas en la U.A.E.M.
- Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica
- Trabajo en empresas como ALCATEL INDETEL, ITESM Campus, Toluca, ROYPO S.C. Brinda consultorías en áreas de Gestión Estratégicas, Procesos y Sistemas de Calidad y Procesos de Operaciones y Manufactura a empresas a nivel mundial como Toyota,

Nissan, Canal de Panamá, Telconet S.A., Junta de Beneficencia de Guayaquil, entre otras.

- Auditor líder ISO 9000 con extensión a QS 9000
- 36 ponencias para congresos

Desarrollo de la entrevista sobre Six Sigma



El Dr. Antonio Rodríguez menciona como punto de partida que las organizaciones hoy en día para poder conservar su nivel de competitividad deben buscar dar un mejor producto con mejor calidad, disponibilidad y mejora en sus operaciones. Por esto existe un gran reto que consiste en poder ubicar cuales son las áreas de oportunidad dentro de los procesos de gestión de la empresa para poder generar un valor agregado a nuestra

cadena de producción, y por medio de Six Sigma, se encontraran nuevas ventajas competitivas a través de proyectos de mejora.

Es por esta razón que Six Sigma, en conjunto con la metodología Lean⁴, deben de formar parte de la estrategia de la organización para que por medio de la creación de ventajas competitivas y la eliminación de los desperdicios, se pueda colocar a la empresa en un lugar más sustentable.

Debemos de entender que el establecer mejoras en una organización es cada vez más una necesidad de las organizaciones de hoy en día. Esta necesidad nace de varios frentes que mencionamos a continuación:

⁴ Lean o Pensamiento Esbelto es otra metodología complementaria que trata sobre la eliminación de los desperdicios en los procesos de una organización.

La competencia es cada vez más severa, por lo que la generación de valor al cliente y la creación de las ventajas competitivas son cada vez más necesarias para poder ganar segmento de mercado y ampliar los horizontes de nuestro negocio.

Los ciclos de vida de los productos son cada vez más cortos. La vida útil de los productos es cada vez más corta y la necesidad por innovar el bien o servicio se acelera. La evolución en la industria plástica ha sido muy notable ya que ha pasado de envases de plástico básicos a envases con protecciones anti químicos, envases especiales para la conservación de alimentos. Esto porque el simple envase plástico ya no cubre las necesidades que tiene el cliente hoy en día, sino que debe tener algún atributo adicional que le permita ocupar un mayor segmento de mercado. El cliente hoy en día sabe lo que quiere y por ende no podemos brindarle un producto que no posea valor agregado ya que afectaría a nuestros niveles de competitividad.

La calidad se ha convertido en un pilar elemental. Por otro lado tenemos a la calidad como referente importante al momento de definir nuestra estrategia. Si las características de los productos no empatan o exceden con los requerimientos que tienen nuestros clientes hoy en día, entonces estas fuera del mercado. Tomemos en cuenta una fábrica de plásticos como la que se desarrolla en este proyecto de titulación; si esta tiene problemas severos de calidad (Como defectos en producción o quejas de clientes) tendría una situación alarmante que me conduciría a la quiebra del negocio. Entonces si hablamos de que Six Sigma es una metodología importante que nos guía a la mejora, sería todavía más importante para solucionar los problemas que tengo y sostenerme en el negocio.

La tecnología de la producción. Las empresas deben de ser capaces de incorporar nuevas tecnologías a sus ciclos de producción. La tecnología optimiza ciertas variables como tiempos de producción, número de unidades producidas, eficiencia sobre los recursos empleados, disminución de costes de producción, etc. Por medio de un enfoque Six Sigma se aclara el proceso y se identifica cual es el elemento clave que me interesa abordar y mejorarla mediante alguna opción tecnológica que exista. En un momento dado se puede abordar como proyecto Six Sigma el análisis de las tecnologías que se emplean actualmente y cuando debemos renovarlas para mejorar los resultados.

La internacionalización de las empresas. Desde inicios de la globalización, ya se rompió el paradigma de los límites del mercado objetivo que puede tener una empresa. Se debe de considerar la opción de internacionalizar la oferta para crecer no solo en ventas sino también en infraestructura y calidad de nuestros productos. En el caso del producto de fundas de banano, es importante considerar que el Ecuador es uno de los países más grandes en cuanto a exportaciones de banano se refieren, por lo que debemos de considerar los estándares de calidad que poseen nuestros clientes a nivel mundial.

Si la empresa logra adaptar estos estándares internacionales a su producto, podrá pensar en una estrategia de crecimiento por penetración de mercado, en la cual no deberemos de cambiar el producto (Fundas de banano) ni el mercado (Productores de banano), sino mas bien buscar fuera del país a quien le productores les podemos ofrecer nuestros productos y aprovechar la mejora generada por el proyecto Six Sigma. Por último es importante rescatar como factores como el costo de producción debería ser muy bajo para ser competitivo. Las herramientas de Six Sigma me ayudaran a mejorar la productividad y reducir los costos al competir en un mercado internacional.

La preocupación ecológica. Los mercados están preocupados por el factor ambiental. El tema ecológico es cada vez mas critico y la atención que tenga una organización frente a este aspecto es cada vez más apreciada a la hora de elegir un proveedor. La definición de comprar un producto se inclina entre los puntos favorables y desfavorables de tu producto y el punto ambiental es relevante considerando el reciclaje del producto en organizaciones grandes en estos mercados.

Reducción de costos unitarios y mejor aprovechamiento de recursos no renovables. Lean Six Sigma aparece como una opción para reducir los costos unitarios de materia prima y permitirán aprovechar de mejor manera los recursos que utilice la organización al momento de producir un bien. En el caso de este proyecto, la materia prima que se utiliza para producir las fundas de plástico es el polietileno, el mismo que es un derivado del petróleo y por esta razón el optimizar el uso de este recurso a nivel industrial brindaría beneficios económicos importantes para el país donde se opera y contribuirá a utilizar este petróleo en otro fin de mejores resultados.

Ahora que conocemos cuales son los principales frentes vale preguntarse ¿Por qué Lean Six Sigma se presentan como respuesta a estas situaciones? Para empezar el concepto de Lean busca eliminar todos los desperdicios que existen en nuestro proceso y el concepto de Six Sigma busca la mejora continua de nuestras operaciones mediante proyectos de mejora que busquen la satisfacción del cliente. Para esto Lean Six Sigma busca entregar el producto preciso, en el momento preciso, en el lugar preciso, con los recursos precisos.

Una de las ventajas de estas metodologías es que las técnicas y herramientas que utilizan para aplicar la mejora son universales y aplicables a cualquier

tamaño de empresa. Recordemos que Six Sigma busca reducir la variabilidad de nuestros procesos y aunque el concepto no es nuevo, nos puede ayudar a cumplir con esta búsqueda de la mejora continua siempre con un enfoque de perfeccionamiento total. El enfoque de la mejora continua, la reducción de la variabilidad y el enfoque de la calidad no son nuevos hoy en día, solamente que se han adaptado a una metodología nueva con el enfoque hacia el cliente y cubriendo las necesidades de nuestras épocas.

La recomendación para la aplicación del Six Sigma es ir de la teoría a la práctica, donde parte importante es la concientización y capacitación del personal de la empresa para que puedan entender mejor el fin de cualquier acción propuesta en los proyectos de mejora. Con las correctas bases y conocimientos, la empresa debe de implementar conceptos estadísticos, indicadores de control, cartas de control, cuadros de mandos, y otras herramientas de control y medición que le permitirán encontrar a la empresa cuales son las oportunidades de mejora que posee.

El problema que tienen las organizaciones al momento de querer implementar la metodología no es la falta de herramientas o el no disponer de los conocimientos, estos conocimientos no son nuevos y la gran mayoría son herramientas de más de 20 años, sino que el gran problema es el enfoque y la actitud que puedan tener los integrantes hacia el cambio y la adaptación de esta metodología. Six Sigma más que estadística, es una filosofía de trabajo que apunta al convencimiento de sus integrantes en lo que hacen y con qué fin lo hacen, ese es el principal objetivo en su implementación.

El principal aliado para una correcta implementación es la dirección de la compañía. Ellos deberán transmitir el compromiso con este cambio y aportar de los recursos necesarios para que el proyecto Six Sigma coseche los frutos

buscados. Recordemos que la búsqueda continua de la mejora no se limita a un proyecto, sino a una serie de estos, alineados con los objetivos planteados por la dirección por lo que es de vital importancia que la dirección sea el principal Sponsor. La dirección debe de transmitir esta filosofía a cada uno de sus empleados y así alcanzara niveles de competitividad más elevados.

Hoy Lean Six Sigma es un buen método para conseguir estos objetivos, en un futuro capaz habrá nuevos métodos y es la dirección que debe buscarlos.

Volviendo a lo macro, observamos que Six Sigma nos ayuda a elevar nuestra competitividad mediante el incremento de la productividad en nuestra organización. Nuestro país debería estar fomentando empresas que piensen en grande, que cuestionen su esquema competitivo, que cuestionen sus procesos, que creen escenarios y propuestas diferentes. Por esto al promover la competitividad, Six Sigma debería de ser considerado a nivel macro económico como un modelo de mejora continua que sirva como medio para alcanzar los objetivos del país.

El talento en las personas que formen este modelo será importante ya que serán las responsables de replicarlo en varios sectores e industrias de nuestro país y deberán de ser lo suficientemente creativos para la creación de un nuevo escenario. El valor agregado generado por esta metodología es clave para medir el éxito de las empresas.

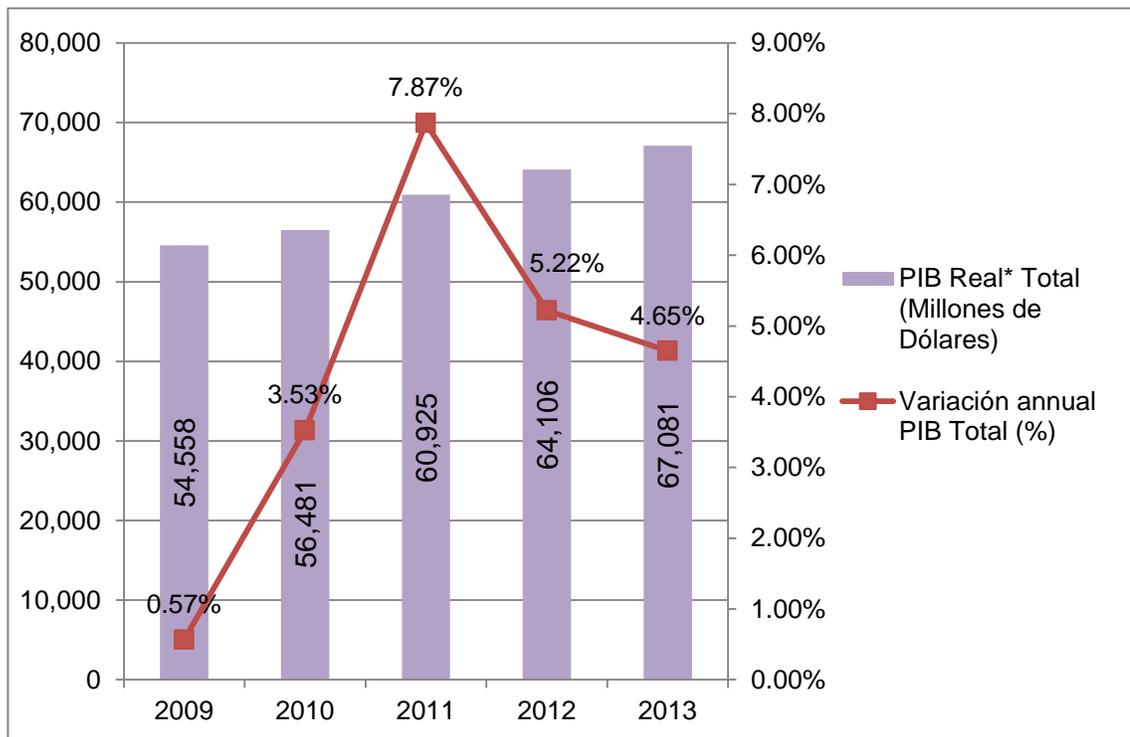
Lean Six Sigma busca romper la forma tradicional de hacer la cosas y te obliga a buscar ampliar los horizontes y las herramientas que puedas usar para resolver un problema o alcanzar un objetivo. Una vez más, Six Sigma busca la transformación total de la empresa por medio de una nueva filosofía, nuevos enfoques y técnicas estadísticas.

2) CAPITULO 2: DIAGNÓSTICO DEL SECTOR PLÁSTICO EN EL ECUADOR

2.1) Situación Macroeconómica Actual en el Ecuador

El Ecuador ha tenido un crecimiento sostenido durante los últimos años reflejados en el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) Real, sin embargo el mismo se ha ido ralentizando hasta llegar al 4.64% en el 2013, siendo el nivel mas importante el alcanzado en el año 2011 (7.87%).

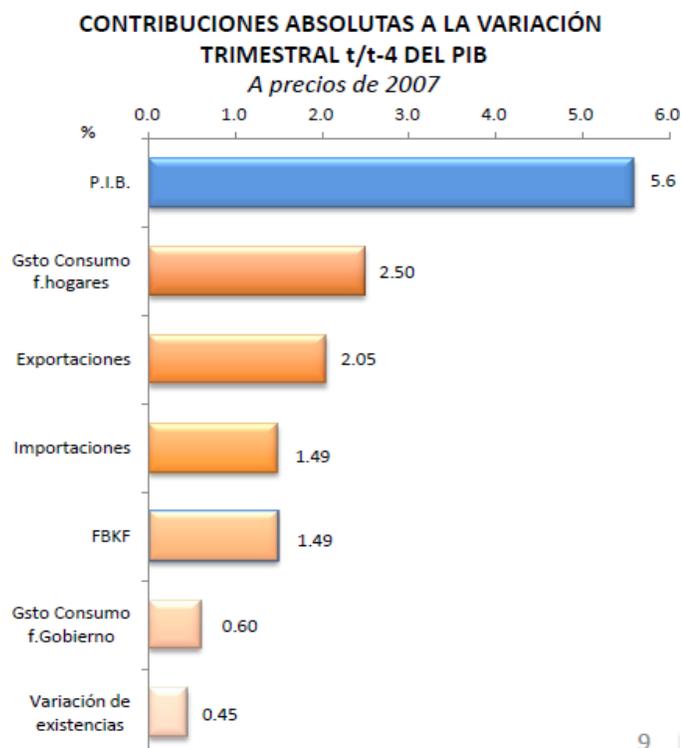
Gráfico 16- Gráfico de la Evolución del PIB y su variación desde el 2009 hasta el 2013.



Fuente: Boletín del Producto Interno Bruto por Industrias publicado por el Banco Central del Ecuador en Enero del 2015. Realizado por: El autor.

De acuerdo al informe “Estadísticas Macroeconómicas” del Banco Central del Ecuador presentado al mes de Julio del 2014, los componentes que aportaron al crecimiento económico en el cuarto trimestre del 2013 en relación al cuarto trimestre del 2012 fueron:

Gráfico 17 - Contribuciones Absolutas a la variación entre IV Trim. 2013 vs IV Trim. 2012.

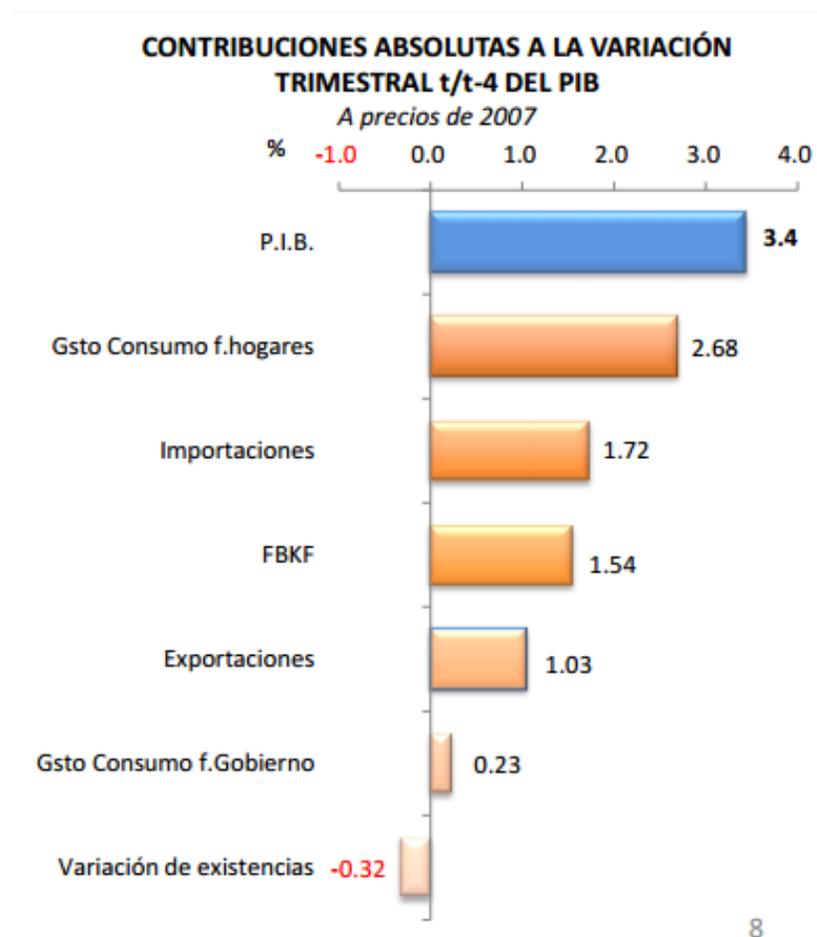


Fuente: Banco Central del Ecuador. Realizado por: Banco Central del Ecuador.

Según esto podemos notar como el Consumo de los Hogares fue el principal componente determinante del crecimiento del PIB para este periodo, con un 2.50%, seguido muy de cerca por las Exportaciones que aportaron un 2.05%. La Importaciones y la Inversión de Capital Fijo contribuyeron con un 1.49% cada una.

En el informe “Estadísticas Macroeconómicas” del Banco Central del Ecuador presentado al mes de Febrero del 2015 observamos información al III trimestre del 2014 donde, en cambio, la mayor contribución a la evolución económica interanual del país fue de parte de las Gasto de Consumo de Hogares (2.68%) e importaciones (1.72%). Por otro lado el Gasto de Consumo del Gobierno aportó 0.23% en el crecimiento del PIB en relación al III trimestre del 2013.

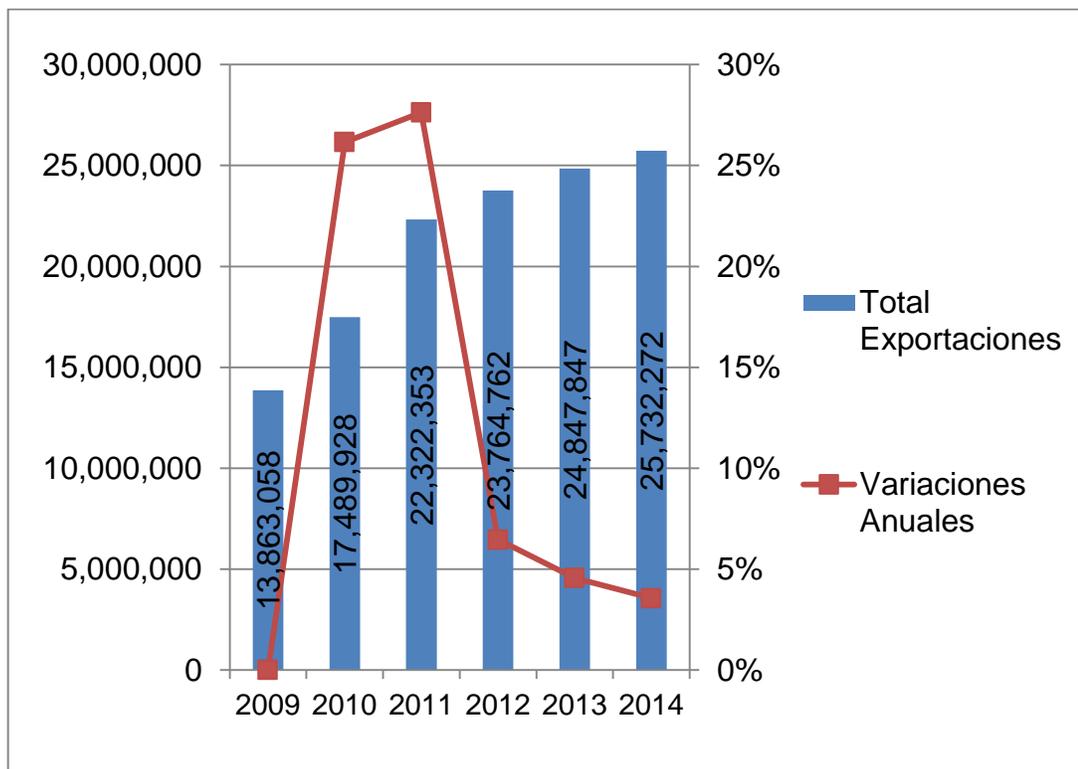
Gráfico 18 - Contribuciones Absolutas a la variación entre II Trim. 2014 vs II Trim. 2013.



Fuente: Banco Central del Ecuador. Realizado por: Banco Central del Ecuador.

Es importante también analizar cómo se ha venido comportando las exportaciones e importaciones del país durante los últimos años. Las Exportaciones han venido creciendo durante los últimos años desde \$13,863 millones de dólares en el 2009 a \$25,732 millones de dólares en el 2014, es decir un 85.62% más. En los años 2010 y 2011 el crecimiento promedio en relación al año anterior fue de 26.90%, mientras que en el 2012, 2013 y 2014 se ralentizó el crecimiento al obtener una variación promedio en relación al año anterior de un 4.86%. En el periodo 2014 se ha exportado un total del \$25,732 millones de dólares lo cual supera al periodo anterior en un 3.56%.

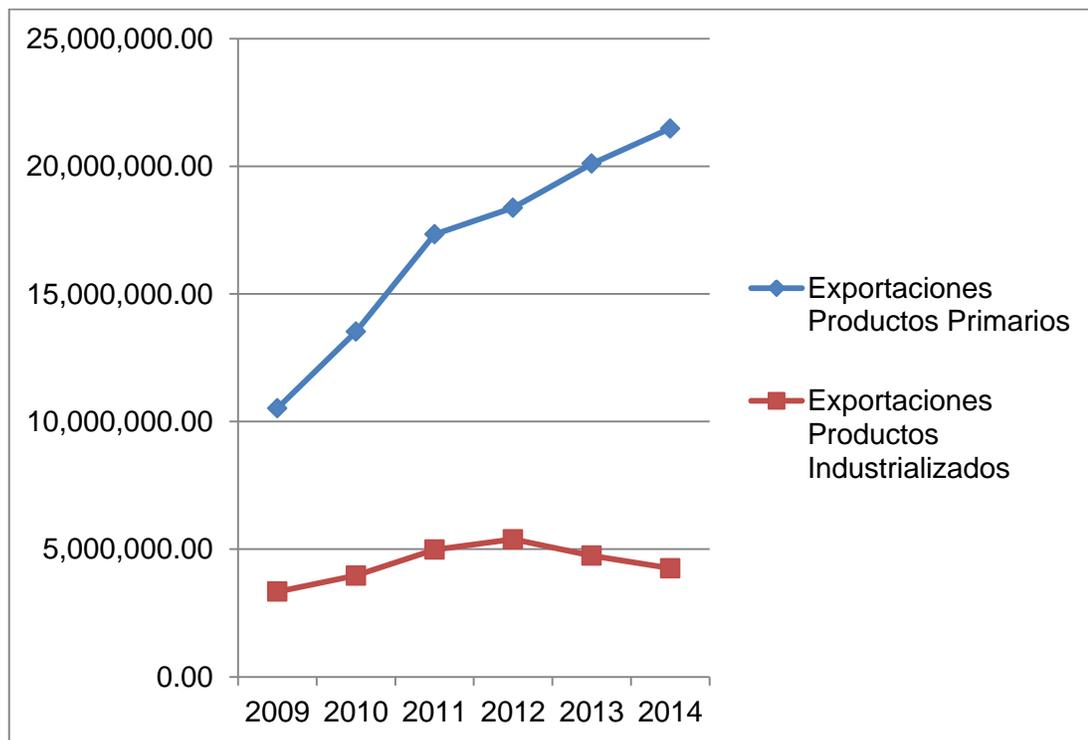
Gráfico 19 - Gráfico de Exportaciones totales en los últimos 6 años y su variación anual.



Fuente: Exportaciones por Producto Principal del Boletín Enero 2015 BCE. Realizado por:
El autor.

El Ecuador es considerado un país exportador de productos primarios y esto se evidencia claramente al momento de hacer la comparativa con las exportaciones de productos industrializados. La relación porcentual promedio desde el 2009 hasta el 2014 entre la exportación de productos primarios y la exportación de productos industrializados es de 78.77% y 21.23% respectivamente. En el periodo de Enero a Diciembre del 2014 se puede observar que se mantiene una relación predominante por parte de la exportación de productos primarios que fue de 83.47%, inclusive es un 2.57% mayor a la relación que existió en el 2013.

Gráfico 20 - Grafico de Exportaciones según tipo de productos (Miles de dólares) desde el 2009 hasta el 2014.



Fuente: Exportaciones por Producto Principal del Boletín Enero 2015 BCE. Realizado por: El autor.

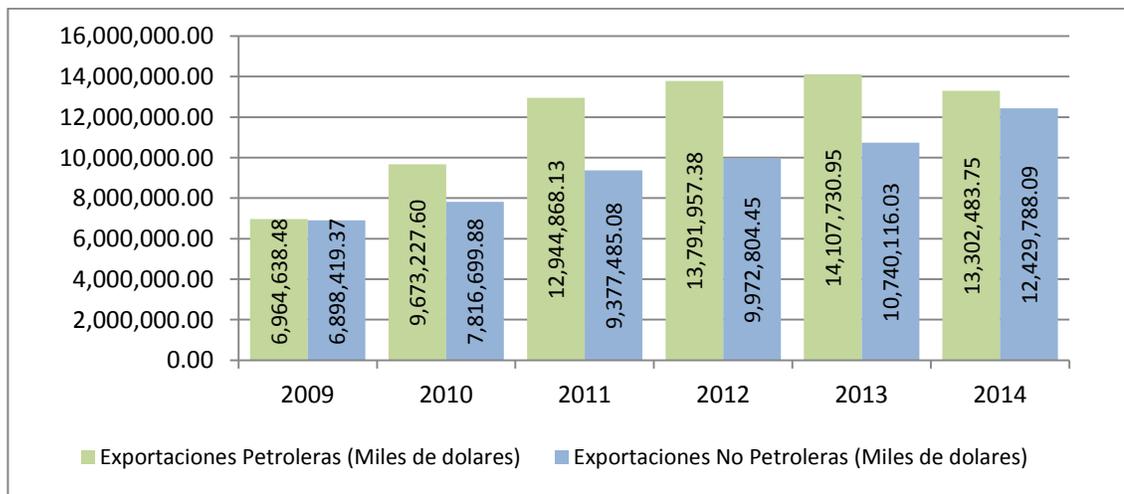
Tabla 4 - Detalle de exportaciones por tipo de producto y su representación.

En Miles de dolares	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Exportaciones Productos Primarios	10,525,451.96	13,520,561.06	17,336,785.20	18,376,856.17	20,102,150.59	21,479,827
Exportaciones Productos Industrializados	3,337,605.97	3,969,366.54	4,985,568.10	5,387,905.73	4,745,696.46	4,252,445
Total Exportaciones	13,863,058	17,489,928	22,322,353	23,764,762	24,847,847	25,732,272
Exp. Productos Primarios / Exp. Total	75.92%	77.30%	77.67%	77.33%	80.90%	83.47%
Exp. Productos Industrializados / Exp. Total	24.08%	22.70%	22.33%	22.67%	19.10%	16.53%
Variaciones Anuales	-	26.16%	27.63%	6.46%	4.56%	3.56%

Fuente: Exportación por producto principal, Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El autor.

Vamos a analizar las exportaciones categorizándolas como petroleras y no petroleras, recordando que el Ecuador es un país petrolero. A pesar de que parecieran tener relaciones muy similares, las exportaciones petroleras han representado en promedio un 55.01% del total de exportaciones desde el 2009 hasta el 2014 y las no petroleras en promedio representan el 44.99%.

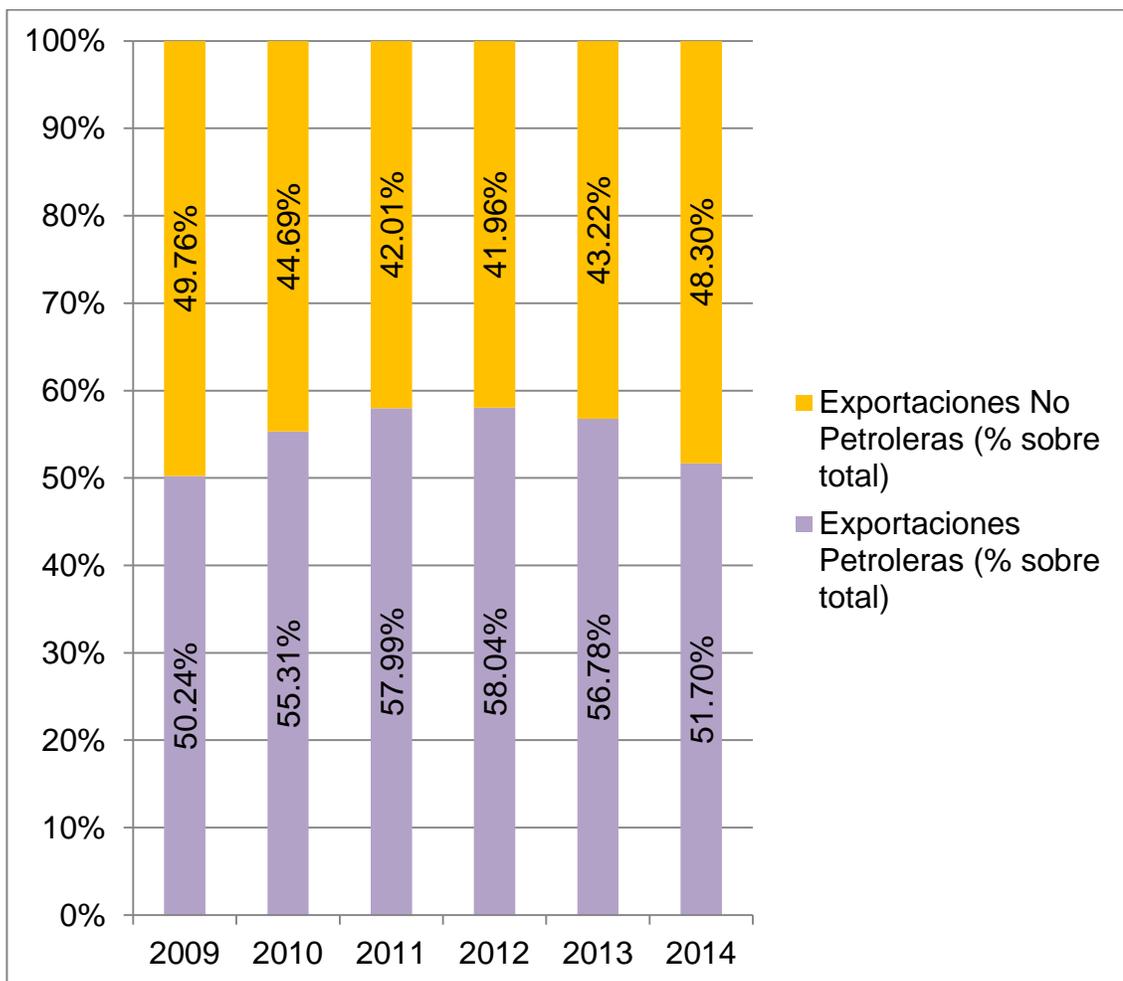
Gráfico 21 - Exportaciones Petroleras y No Petroleras del Ecuador en los últimos 6 años.



Fuente: Exportaciones por grupos de productos, Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El autor.

Es de tomar en cuenta que desde Enero a Diciembre 2014 se ha observado una desaceleración en la exportación petrolera misma que podría ser causada por la disminución del precio del barril del petróleo según el indicador WTI⁵, el mismo que es utilizado como referencia para nuestra comercialización.

Gráfico 22 - Relación porcentual de Exportaciones Petroleras y No Petroleras sobre el Total de Exportación.



Fuente: Exportaciones por grupos de productos, Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El autor.

⁵West Texas Intermediate es el indicador de precios que usa el Ecuador como referencia y al que se le aplica un castigo pre-establecido.

Tabla 5- Exportaciones Petroleras y No Petroleras en periodos 2009-2014.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Exportaciones Petroleras (Miles de dolares)	6,964,638.48	9,673,227.60	12,944,868.13	13,791,957.38	14,107,730.95	13,302,483.75
Exportaciones No Petroleras (Miles de dolares)	6,898,419.37	7,816,699.88	9,377,485.08	9,972,804.45	10,740,116.03	12,429,788.09
Total Exportaciones (Miles de dolares)	13,863,057.85	17,489,927.48	22,322,353.21	23,764,761.83	24,847,846.98	25,732,271.84
Exportaciones Petroleras (% sobre total)	50.24%	55.31%	57.99%	58.04%	56.78%	51.70%
Exportaciones No Petroleras (% sobre total)	49.76%	44.69%	42.01%	41.96%	43.22%	48.30%
Variación Exportaciones Petroleras (%)	-	38.89%	33.82%	6.54%	2.29%	-5.71%
Variación Exportaciones No Petroleras (%)	-	13.31%	19.97%	6.35%	7.69%	15.73%

Fuente: Exportaciones por grupos de productos, Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El Autor.

Las importaciones son otro factor determinante que se debe analizar para entender ciertas medidas políticas-comerciales que se han tomado últimamente. Las importaciones han venido creciendo de \$15,089 millones de dólares CIF⁶ en el 2009 a \$27,739 millones de dólares CIF en el 2014. Las importaciones se clasifican según su uso o destino económico y han significado los valores presentado en la siguiente tabla:

Tabla 6 - Importaciones según su uso o destino económico desde el 2009 a 2014.

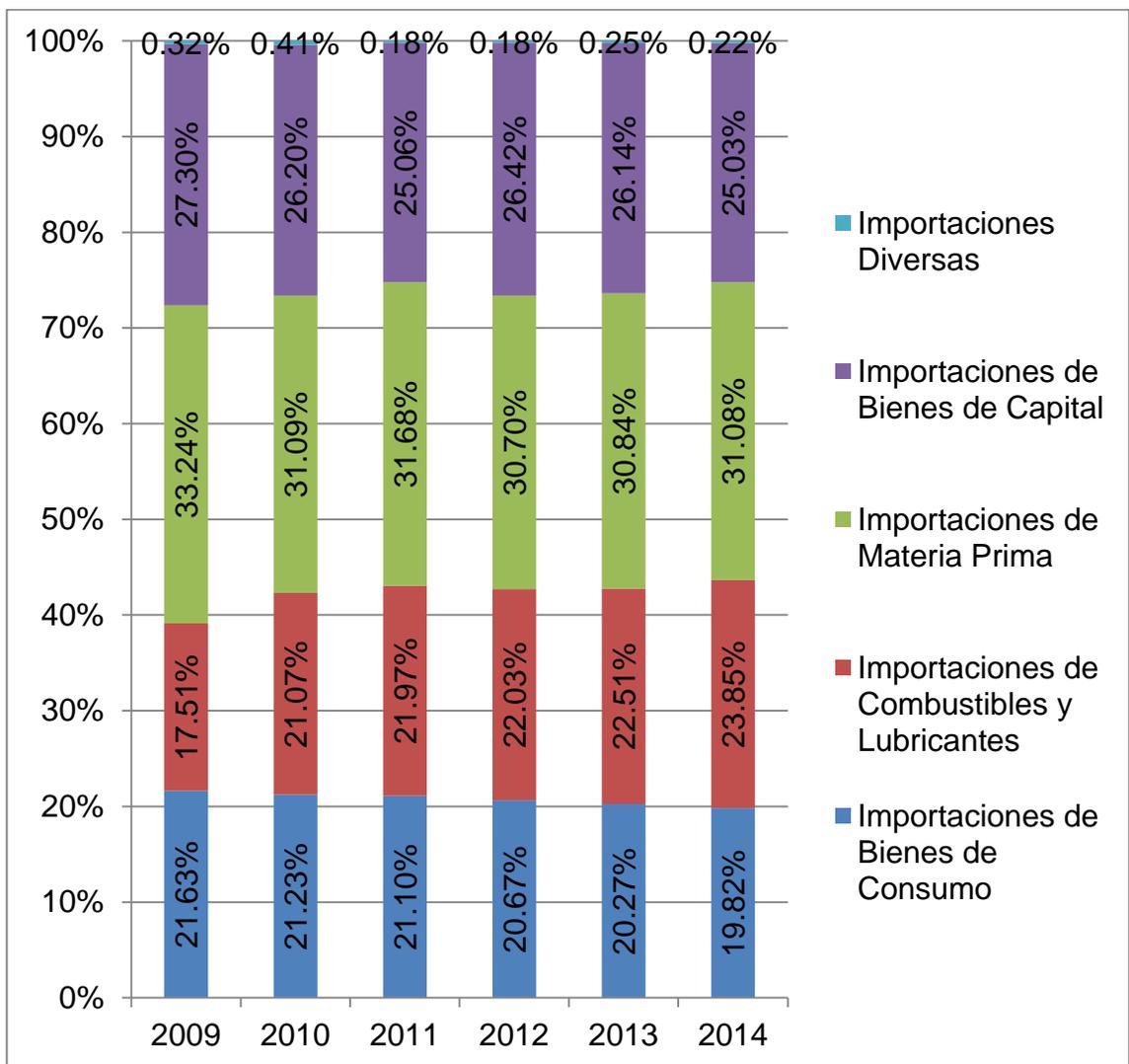
Miles de Dolares CIF	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Importaciones de Bienes de Consumo	3,264,353.25	4,371,146.70	5,157,509.62	5,265,199.07	5,501,949.35	5,497,123.78
Importaciones de Combustibles y Lubricantes	2,641,585.25	4,338,499.82	5,369,298.29	5,611,734.77	6,111,099.82	6,616,619.73
Importaciones de Materia Prima	5,015,751.54	6,401,762.10	7,741,869.33	7,821,625.48	8,370,801.00	8,622,234.45
Importaciones de Bienes de Capital	4,120,057.30	5,395,429.14	6,124,036.77	6,732,093.93	7,094,915.91	6,943,288.71
Importaciones Diversas	48,145.01	84,016.88	44,900.57	46,317.70	67,344.88	60,225.77
Importaciones Totales	15,089,892.35	20,590,854.64	24,437,614.58	25,476,970.95	27,146,110.96	27,739,492.44

Fuente: Importaciones según su uso o destino económico, Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El autor.

⁶ CIF es un Incoterm que significa Cost, Insurance and Freight o Costo, Seguro y Flete en español

Podemos observar como las importaciones de materia prima son las más representativas frente al total (Entre el 30.70% al 33.24%) seguidas muy de cerca por las importaciones de Bienes de Capital (Entre el 25.03% al 27.30%) y por Bienes de consumo (Entre el 19.82% al 21.63%).

Gráfico 23 -Participación relativa de destinos económicos sobre total importaciones



Fuente: Importaciones por uso o destino económicos, Boletín Enero 2015, BCE.
Realizado por: El autor.

Tabla 7 - Variaciones de importaciones según uso o destino económicos.

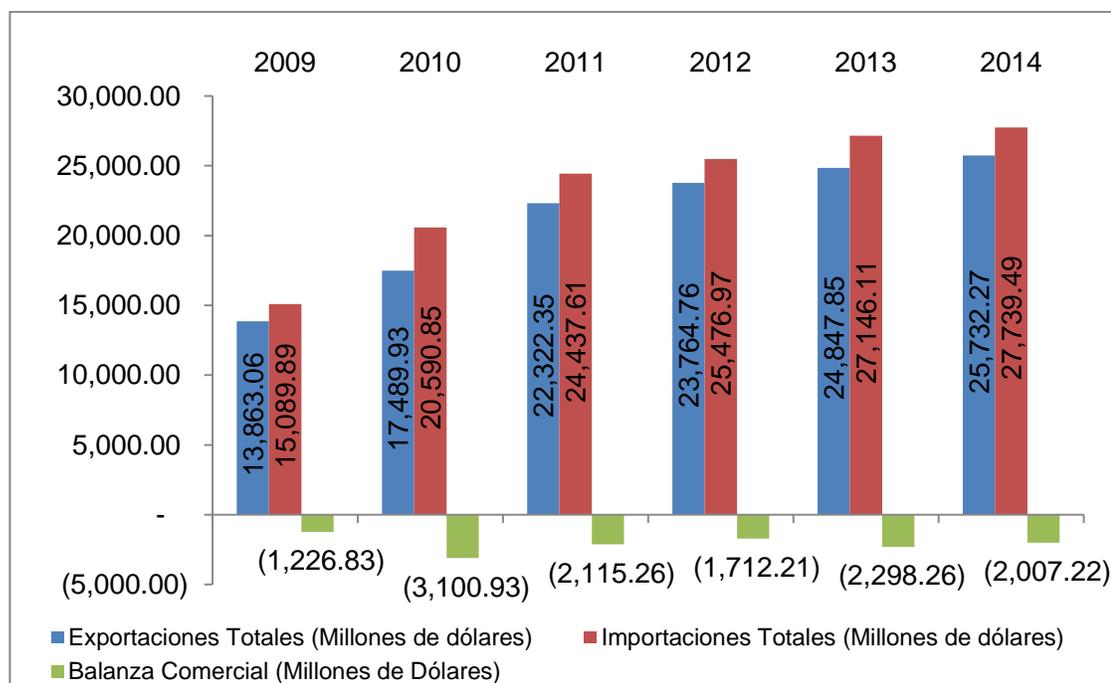
Variación de importaciones por uso o destino económico	2010	2011	2012	2013	2014
Variación Import. de Bienes de Consumo	33.91%	17.99%	2.09%	4.50%	-0.09%
Variación Import. de Combustibles y Lubricantes	64.24%	23.76%	4.52%	8.90%	8.27%
Variación Import. de Materia Prima	27.63%	20.93%	1.03%	7.02%	3.00%
Variación Import. de Bienes de Capital	30.96%	13.50%	9.93%	5.39%	-2.14%
Variación Import. Diversas	74.51%	-46.56%	3.16%	45.40%	-10.57%
Variación Import. Totales	36.45%	18.68%	4.25%	6.55%	2.19%

**Fuente: Importaciones por uso o destino económicos, Boletín Enero 2015, BCE.
Realizado por: El autor.**

En la tabla 7 podemos observar como las importaciones en todos los destinos económicos tuvieron un crecimiento considerable del 2010 en comparación al 2009, destacando las importaciones de Combustible y Lubricantes. A partir del 2011 hubo una ralentización en el crecimiento de todas las importaciones y continuo así hasta el 2014.

Adicionalmente se considera relevante realizar la comparación de Exportaciones Totales vs Importaciones Totales para ver el estado de la balanza comercial, la misma que se ha mantenido negativa durante los últimos 6 años. En el 2010 podemos encontrar la brecha negativa más grande entre los periodos analizados por -\$3,100.93 millones de dólares. En el 2012 se llegó a bajar esta brecha negativa a -\$1,712.21 millones de dólares gracias a un mayor crecimiento en las exportaciones (\$6,274.83 millones de dólares entre 2010 y 2012) en relación al incremento de las importaciones (\$4,886.12 millones de dólares entre 2010 y 2012). A pesar que en el 2013 se amplió nuevamente la brecha negativa a -\$2,298.26 millones de dólares, se observa que en el 2014 bajo a -\$2,007.22.

Gráfico 24 - Balanza comercial del Ecuador desde el 2009 al 2014.



Fuente: Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El Autor.

2.2) Análisis del Sector Plástico en el Ecuador

Durante los últimos 30 años, el sector plástico en el Ecuador se ha ido convirtiendo en uno de los sectores más dinámicos e importantes frente al plan estratégico del país. No solo destaca en la transformación de resinas en productos terminados sino como una parte muy importante en otras cadenas productivas del país.

Existen varios tipos de resinas plásticas que se utilizan para la elaboración de productos plásticos como materia prima principal. Estas resinas en su gran mayoría son importadas por las empresas, aunque también se ha evidenciado un mayor uso de componentes reciclados para su procesamiento y transformación final.

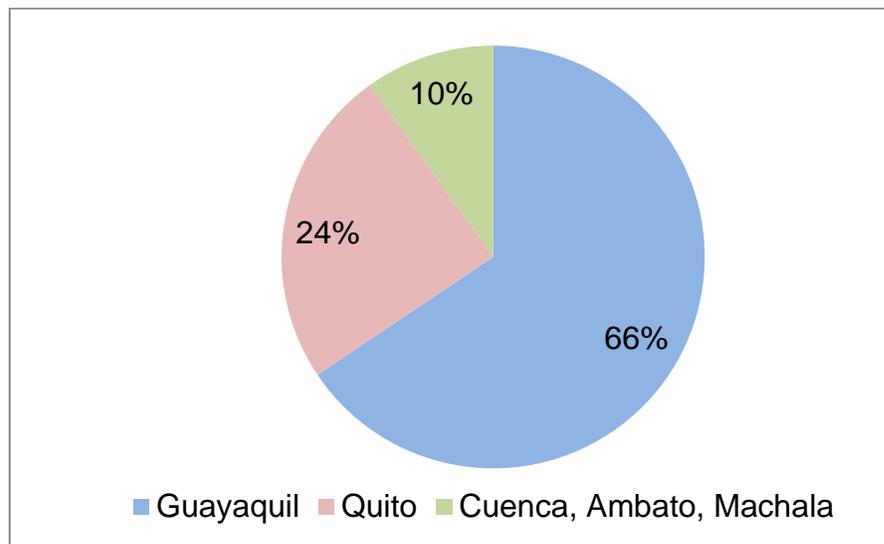
Actualmente en el país se producen una gran variedad de productos plásticos provenientes de diferentes tipos de resinas. ASEPLAS⁷ en su informe de “La Industria Plástica en el Ecuador”, clasifica los tipos de productos plásticos producidos a nivel nacional de la siguiente manera:

- Láminas, hojas, tubos y perfiles de materias plásticas tales como cintas autoadhesivas, placas, planchas, bloques, películas, láminas, bandas, tubos, conductos y mangueras en plástico, accesorios para tuberías y mangueras.
- Los envases y embalajes en materias plásticas como son bolsas, sacos, cajas, cajones, bidones, botellas.
- Los productos en materias plásticas para la construcción, tales como puertas, cercos, cierres, persianas, etc. artículos para uso sanitario (bañeras, platos de ducha, lavabos) y otras construcciones prefabricadas.
- Otros productos en materias plásticas que incluyen por una parte artículos tan variados como servicios de mesa, utensilios de cocina, tocador,... cascos de seguridad para el trabajo, el deporte y gorros de plástico, aislamientos, piezas para lámparas y accesorios de iluminación, artículos de escritorio y para uso escolar, guarniciones para muebles, estatuillas, cintas transportadoras y de transmisión y prendas y complementos de vestir de plástico, sean cosidos o pegados.

En el Ecuador existen más de 600 empresas que se dedican a la fabricación de productos plásticos de diferentes tipos y están distribuidas de la siguiente forma:

⁷ Asociación Ecuatoriana de Plásticos

Gráfico 25 - Distribución de empresas plásticas en el Ecuador según su ubicación geográfica.



Fuente: ASEPLAS 2014. Realizado por: El Autor.

Según ASEPLAS la industria plástica en el Ecuador genera más de 15,000 empleos directos y 60,000 empleos indirectos. La industria plástica tiene un alto potencial de crecimiento y aporte para el desarrollo de la economía actual al ofrecer variados tipos de productos aplicando tecnología que utilizan en países avanzados. La producción de productos plásticos se realiza mediante diferentes técnicas como:

- Extrusión
- Soplado
- Termoformado
- Inyección
- Rotomoldeo

El consumo per cápita del plástico en el país es de 19/20Kg frente a los 40/50 Kg que se consume en Latinoamérica y 150/200Kg en Europa.

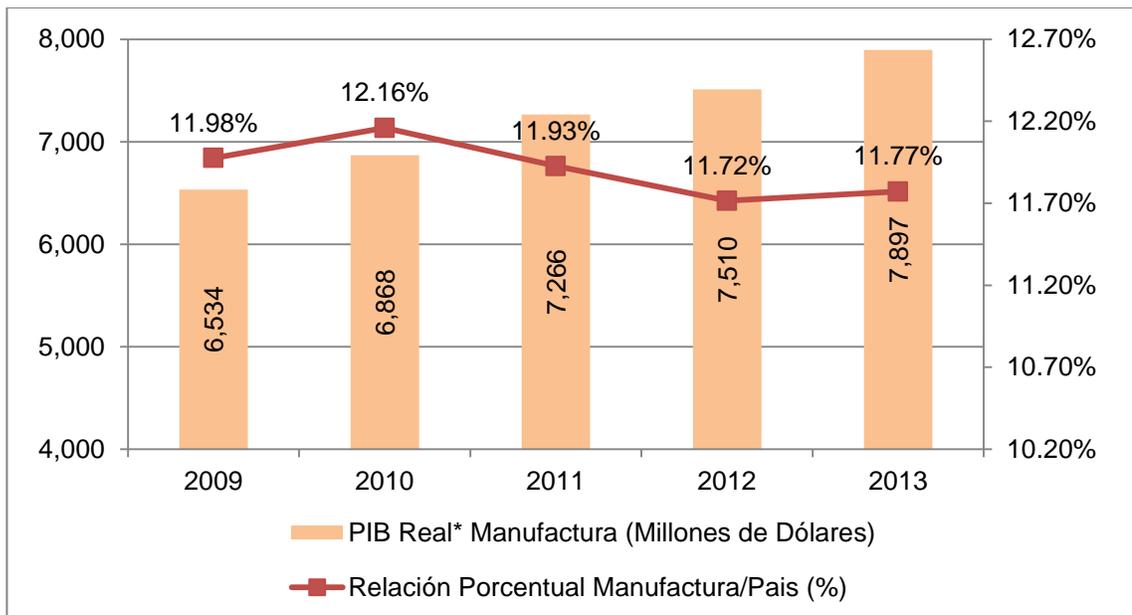
El sector plástico pertenece al Macro Sector de la Industria Manufacturera en el Ecuador, la misma que ha venido representando un nivel importante de aportación al PIB real durante los últimos.

Tabla 8 - Evolución de PIB Real Total vs PIB Real Manufactura entre los años 2009 y 2013.

Boletín Diciembre/2014	2009	2010	2011	2012	2013
PIB Real* Total (Millones de Dólares)	54,558	56,481	60,925	64,106	67,085
Variación anual PIB Total (%)	0.57%	3.53%	7.87%	5.22%	4.65%
PIB Real* Manufactura (Millones de Dólares)	6,534	6,868	7,266	7,510	7,897
Variación anual (%)	-1.52%	5.12%	5.80%	3.36%	5.15%
Relación Porcentual Manufactura/Pais (%)	11.98%	12.16%	11.93%	11.72%	11.77%

Fuente: Producto Interno Bruto por Industrias, Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El Autor.

Gráfico 26 - Evolución PIB del Macro Sector de Industria Manufacturera y su relación con el PIB Total entre el 2009 y el 2013.



Fuente: Producto Interno Bruto por Industrias, Boletín Enero 2015, BCE. Realizado por: El Autor.

El PIB Real del Macro Sector de la Industria Manufacturera ha tenido un crecimiento interesante entre el 2009 y el 2013 al pasar de \$ 6,534 millones de dólares a \$ 7,897 millones de dólares. Esto representa un crecimiento del 20.86%, el mismo que es muy similar al del PIB Real Total que es un 22.96% (Paso de \$ 54,558 millones de dólares a \$ 67,085 millones de dólares).

Como hemos mencionado, la materia prima de los productos plásticos son las resinas plásticas que se importan desde diferentes países productores de estos bienes de origen petroquímico. Las principales materias primas en esta categoría son:

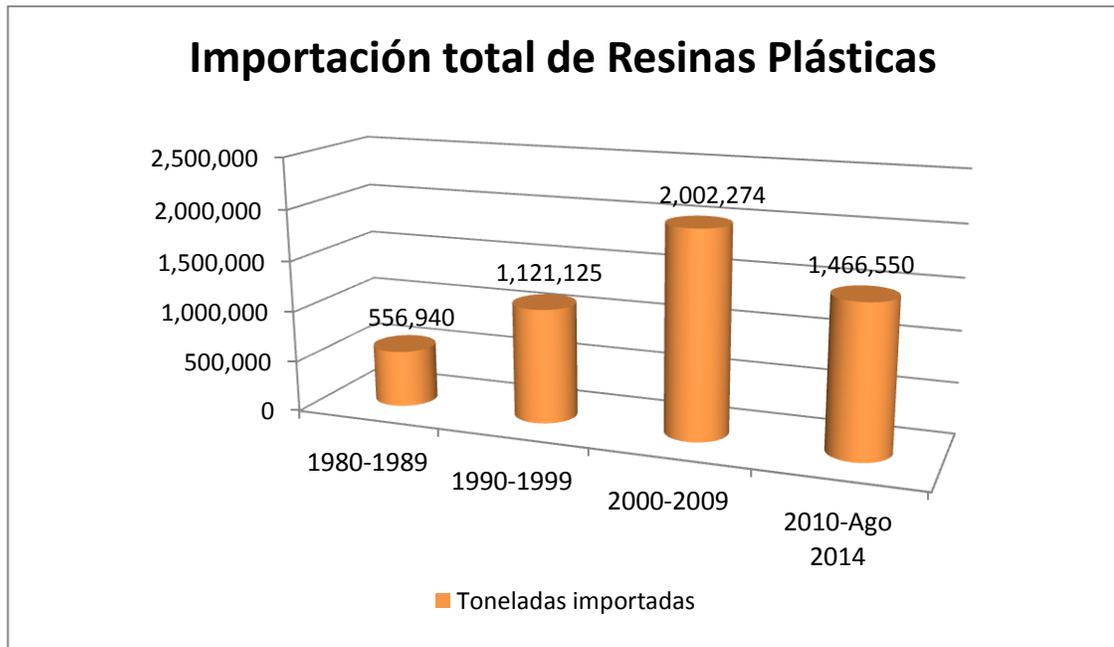
Gráfico 27 - Principales Polimeros que se utilizan para la Industria Plástica



Fuente: ASEPLAS 2014. Realizado por: El autor.

La importación de estos polímeros inicia desde 1980 cuando inicia con mayor fuerza la actividad plástica en el país y ha venido creciendo de forma solida a lo largo de estos 30 años.

Gráfico 28 - Importación total de resinas plásticas en toneladas por década.



Fuente: ASEPLAS 2014. Realizado por: El autor.

Las importaciones de resinas plásticas a través de las décadas han venido incrementándose de manera impresionante con una variación entre décadas de un 90% de crecimiento aproximadamente. Según el gráfico anterior podemos observar como el periodo desde el 2010 hasta Agosto 2014 ha generado una importación de 1, 466,550 toneladas de resinas plásticas y se estima que para el 2019 se haya importado un aproximado de 3,500,000 según el comportamiento de los datos.

Particularmente en los últimos años se ha observado un comportamiento a la baja de las importaciones disminuyendo de 327,944,300 kilos en el 2011 a 312,383,737 kilos en el 2012 a 297,014,644 kilos en el 2013. Según ASEPLAS esta disminución se justifica por el alto uso de material reciclado o reprocesado

en la producción de los últimos años, causando una disminución en los valores importados.

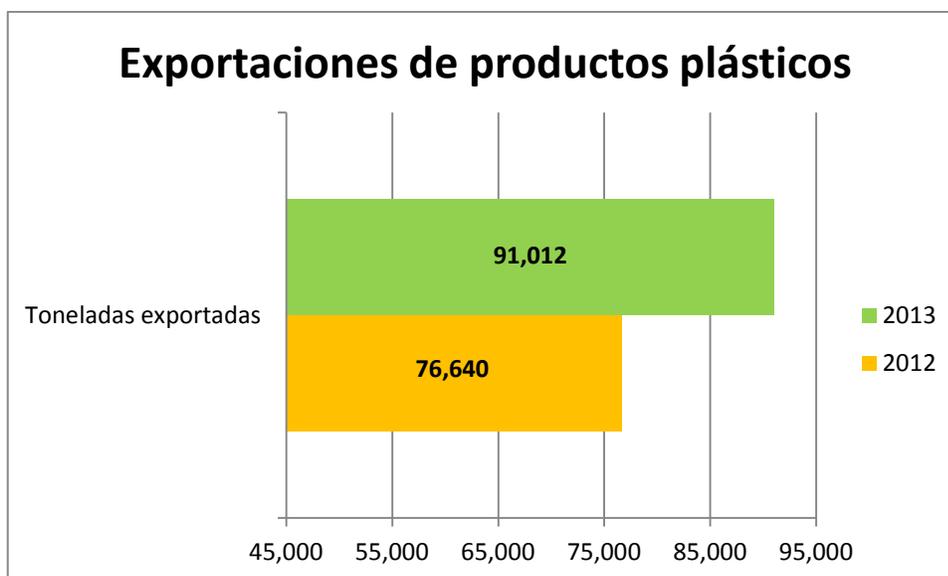
Tabla 9 - Importaciones por tipo de resinas plásticas y variación en periodos 2011, 2012, 2013.

	PESO NETO KILOS		Variación	PESO NETO KILOS		Variación
	2011	2012		2012	2013	
LDPE	66,657,755	66,051,869	-0.91%	66,051,869	62,516,570	-5.35%
HDPE	60,493,118	60,281,758	-0.35%	60,281,758	61,591,754	2.17%
PS	7,845,186	8,235,201	4.97%	8,235,201	8,148,545	-1.05%
PP	68,077,381	53,265,119	-21.76%	53,265,119	52,468,622	-1.50%
PVC	77,735,558	71,826,903	-7.60%	71,826,903	64,259,408	-10.54%
PET	47,135,303	52,722,888	11.85%	52,722,888	48,029,746	-8.90%
TOTAL	327,944,300	312,383,737	-5%	312,383,737	297,014,644	-5%

Realizado por: ASEPLAS. Fuente: ASEPLAS 2014.

En el caso de las exportaciones de productos plásticos, se da más de forma indirecta en forma de funda, envases u otro tipo de empaque de otros productos primarios o industrializados. Es muy importante la participación de estos productos plásticos ya que agregan valor al producto principal.

Gráfico 29 - Exportaciones de productos plásticos.



Fuente: ASEPLAS 2014, Tomado del BCE. Realizado por: El Autor.

2.2.1) Estructura financiera del sector plástico

La situación financiera del sector plástico ha venido evolucionando durante los últimos años no solo en sus ventas, sino también en el desarrollo de su infraestructura y en una inversión que genera resultados positivos. A continuación se presenta un resumen de los estados de situación financiera y los estados de resultados del sector plásticos tomados del anuario de la Superintendencia de Compañías, tomando en consideración las cuentas FABRICACION DE PLASTICOS EN FORMAS PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTETICO (C 2013) y FABRICACION DE PRODUCTOS DE PLASTICO (C 2220) que pertenecen al CIIU 4:

Tabla 10- Estados de situación financiera y resultado del Sector Plástico en los periodos 2009-2013.

	TOTAL 2009	TOTAL 2010	Total 2011	Total 2012	Total 2013
I. ACTIVO	720,084,040.88	774,203,814.59	939,825,402.25	1,197,697,269.13	1,358,237,494.83
ACTIVO CORRIENTE	417,097,775.17	464,682,796.12	476,613,643.07	599,407,754.15	680,049,997.44
ACTIVO NO CORRIENTE	302,986,265.71	309,521,018.47	463,211,759.18	598,289,514.98	678,187,497.39
II. PASIVO	456,685,365.37	511,185,204.78	574,304,419.72	698,062,156.72	796,666,000.52
PASIVO CORRIENTE	336,161,542.38	364,816,761.60	354,392,254.18	446,303,099.70	531,496,088.04
PASIVO NO CORRIENTE	120,523,822.99	146,368,443.18	219,912,165.54	251,759,057.02	265,169,912.48
III. PATRIMONIO	263,398,675.51	263,018,609.81	365,520,982.53	499,635,112.41	561,571,494.31
INGRESOS OPERACIONALES	838,274,138.84	872,499,160	964,372,892	1,178,283,211.47	1,254,159,967.53
COSTO DE VENTAS	599,229,752.85	665,426,246	729,733,641	892,343,916.61	940,039,947.15
MARGEB BRUTO	239,044,385.99	207,072,913.85	234,639,250.62	285,939,294.86	314,120,020.38
GTOS. ADMINISTRAC. VENTAS Y FINAN.	158,795,393.42	134,640,581	155,627,646	171,282,246.12	218,023,188.31
GASTOS NO OPERACIONALES VARIOS	2,836,615.29	579,068	-	2,925,721.84	-
COSTOS Y GASTOS	760,861,761.56	800,645,895	885,361,287	1,066,551,884.57	1,158,063,135.46
UTILIDAD NETA	77,536,305.91	78,648,055	64,401,115	61,631,266.73	65,036,026.83

Fuente: Anuarios NEC/NIF Superintendencia de Compañías. Realizado por: El Autor.

Tabla 11 - Índices Financieros del Sector Plástico desde el 2009 al 2013.

INDICES FINANCIEROS	2009	2010	2011	2012	2013
CAPITAL DE TRABAJO	80,936,232.79	99,866,034.52	122,221,388.89	153,104,654.45	148,553,909.40
INDICE DE LIQUIDEZ	1.241	1.274	1.345	1.343	1.280
INDICE DE AUTONOMÍA	0.366	0.340	0.389	0.417	0.413
INDICE DE ENDEUDAMIENTO	1.734	1.944	1.571	1.397	1.419
MARGEN DE UTILIDAD BRUTA	28.52%	23.73%	24.33%	24.27%	25.05%
INDICE UTILIDAD NETA SOBRE VENTAS	9.25%	9.01%	6.68%	5.23%	5.19%
ROA	10.77%	10.16%	6.85%	5.15%	4.79%
ROE	29.44%	29.90%	17.62%	12.34%	11.58%

Fuente: Anuarios NEC/NIF Superintendencia de Compañías. Realizado por: El Autor.

Como puntos positivos podemos observar que el sector plástico ha venido incrementando su capital de trabajo en un 83.54% pasando de \$ 80,936 miles de dólares en el 2009 a \$ 148,553 miles de dólares en el 2013. Esto ha proporcionado un mejor índice de liquidez en el sector plástico pasando de 1.241 en el 2009 a 1.280 en el 2013, se puede observar que el mayor incremento se dio del 2010 al 2011 (De 1.274 a 1.345) debido a una

disminución en los pasivos corrientes y un breve incremento en el activo corriente.

Por otra parte se puede observar como el sector plástico ha incrementado sus niveles de autonomía (Patrimonio Total/Activos Totales) demostrando mayor independencia financiera frente a sus acreedores externos. El índice de autonomía aumento de 0.366 en el 2009 a 0.413 en el 2013, mientras que el índice de endeudamiento disminuyo de 1.734 en el 2009 a 1.419 en el 2013.

Entre los puntos negativos encontramos que el margen de utilidad bruta ha venido disminuyendo de 28.52% en el 2009 a 25.05% en el 2013. Esto se da debido a que a pesar de que las ventas se incrementaron en un 49.61% en este periodo, las estructura de costos de ventas del sector se incremento por un 56.87%. También el índice de utilidad neta sobre ventas ha disminuido de 9.25% en el 2009 a 5.19% en el 2013, debido al aumento de la estructura de costos mencionado y también por el incremento de la estructura de gastos en un 34.89% entre el 2009 al 2013.

El retorno sobre los activos (ROA) del sector plástico ha venido disminuyendo desde el 2009 al 2013 pasando de un 10.77% a 4.79%, lo cual podría ser causado debido al crecimiento en los activos no corrientes en un 123.83% mientras que los activos corrientes se incrementaron en un 63.04%. Al haber un alto nivel de inversión en activos a largo plazo, no se podría observar un gran resultado en el corto plazo.

El retorno sobre el patrimonio (ROE) también se ha visto a la baja pasando de un 29.44% en el 2009 a un 11.58% en el 2013, lo cual es claramente causado por la disminución en los resultados anuales y el incremento del patrimonio del sector.

2.2.2) Hechos relevantes del Sector Plástico

El sector plástico es uno de los más importantes dentro del Macro Sector Manufacturero al producir bienes que de manera indirecta generan valor agregado a otros productos de consumo interno o de exportación. Al participar como complemento de varias industrias, se ha visto afectado por diferentes situaciones positivas o negativas que se han venido presentando durante los últimos años.

La industria plástica se ha visto expuesta siempre a las variaciones que ha tenido el precio del petróleo debido a que su principal materia prima son las resinas plásticas, mismas que son derivados del petróleo y por ende incrementan su costo. Durante los periodos 2011 y 2012 se pudo observar como el precio del petróleo se ha mantenido en niveles muy altos debido a la disminución de su oferta por parte de los países productores (\$ 96.93 y \$ 98.14 el barril), y al no poder trasladar este incremento al precio final de los productos plásticos, se ha afectado los márgenes de rentabilidad del negocio. Las Materias primas como el polietileno, polipropileno y el PET son algunos de los insumos que han venido incrementando su costo últimamente.

La exoneración del pago del ISD a la importación de materias primas para fabricar productos de exportación, excluyó 3 insumos que se utilizan para fabricar productos plásticos, entre otros, el compuesto de PVC sin plastificar, para elaborar envases farmacéuticos, y el compuesto plastificado para cables especiales.

A nivel internacional se observa como varios países están poniendo prohibiciones o regulaciones adicionales a los artículos plásticos que ingresan al país sea como bienes principales o complementarios. Países como

Argentina, están promoviendo protecciones arancelarias fijadas por los representantes de la industria plástica mediante la identificación y clasificación de los bienes plásticos que deben ingresar al país. Los productos como bolsas, botellas, empaques de poliestireno están siendo evaluados y se está considerando tomar ciertas regulaciones dentro del país.

En Marzo del 2014, el Comité de Comercio Exterior (COMEX) comenzó a estudiar el incremento de aranceles para varios sectores, entre estos el sector plástico. En la Resolución 116 del COMEX que exige certificados INEN, se incluye el rubro "polímeros polipropileno".

El Ecuador está tomando un rumbo eco-amigable mediante la transformación de sus industrias y la implementación de una conciencia ambiental como parte de la filosofía corporativa. Por esta razón el gobierno ha fijado ciertas políticas que si bien buscan el beneficio del medio ambiente en nuestro país, han afectado seriamente al sector plástico.

Entre las medidas tomadas encontramos el denominado "impuesto verde" afecto al sector plástico al gravar un tasa a las botellas (De jugos, colas y aguas se cobra \$0.02) y fundas plásticas (En especial las que se utilizan en los supermercados). Esto disminuyo la demanda del producto plástico en el país.

El sector plástico es un sector que debe de estar siempre buscando ser eco-eficiente para poder mantener una buena imagen pública y ser competitivo. Por lo cual siempre ha estado buscando operar bajo el marco ambiental y se ha está trabajando constantemente en programas que mejoren la imagen del uso del plástico. A pesar de esto, recientemente se han creado ciertas regulaciones y conceptos contradictorios que han amenazado el desenvolvimiento del sector y han complicado la operación:

- Decreto 019 Políticas Generales para la Gestión Integral de Plásticos en el Ecuador (R.O. N°218, del 3.IV/2014).
- Reglamento Técnico Ecuatoriano Prte. INEN 100, “Materiales y artículos plásticos destinados a estar en contacto con los alimentos” Noviembre 12/2013.
- Posible regulación que elimina fundas plásticas de supermercados. Ya existe un impuesto verde por la generación de estas fundas pero podría direccionarse a la eliminación de este producto.

A pesar de lo expuesto, la industria plástica ha buscado ver esto como oportunidades de mejora y han estado fomentando la innovación, incursionando en nuevos productos, han realizado inversiones en tecnología que permita desarrollar su desempeño y su productividad. Según la Directora de I+D de Pica, los plásticos buscan pasar de un negocio de “valor por peso en kilos” a uno de “generación de valor agregado” a los consumidores, siendo la innovación un pilar fundamental para el crecimiento sostenido

Avances tecnológicos han permitido la creación de nuevos aditivos como los termoplásticos, que implementa técnicas económicamente viables para el reciclaje de productos y la generación de una producción sustentablemente ambiental que a la vez reduzca los costos. Entre las combinaciones encontramos el Polipropileno con el PET y el Polietileno con el Polipropileno.

A partir del 2011 inicio un proyecto de industrialización del reciclaje con la iniciativa del gobierno. Este proyecto surgió debido a la alta necesidad de reciclaje que hay en el país, según comento la Ministra de Industrias y Productividad en ese año, ya que existía un 36% de reciclaje de los productos fabricados por el sector plástico. Muchos empresarios opinan que a pesar de que es una realidad la alta necesidad del reciclaje plástico, no se puede crear

una cultura de reciclaje debido a que no se tiene la tecnología ni los recursos para iniciar este proyecto de forma impactante.

En el 2013, la empresa brasileña Global Pet, inauguro una planta de reciclaje en Manabí cuya inversión asciende a los \$ 5.5 millones de dólares y se encarga del manejo y reciclaje de los productos plásticos generados en esa zona. Gracias a los incentivos que le proporciona el gobierno a la recicladora, buscara trabajar de manera más cercana con los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) para desarrollar el proyecto en otras ciudades.

Según estudios realizados por PlasticEurope se ha descubierto que la producción de plástico a nivel mundial en el 2012 alcanzo las 241 megatoneladas. Esto es alarmante para el medio ambiente debido al alto nivel de contaminación que producen los plásticos y al largo tiempo que demoran en degradarse (Entre 200 y 400 años). Por consecuencia se han estado realizando estudios e investigaciones para generar bioplástico que se degrade en décadas, meses o incluso días, dependiendo del compuesto que se consiga. En el Ecuador, Vladimir Valle, docente e investigador del Centro de Investigación aplicada a Polímeros de la Escuela Politécnica Nacional, trabaja en un proyecto para desarrollar bioplastico a base de almidón de achira, una planta que se cultiva al Sur del país. En la Universidad Salesiana de Guayaquil se realiza un proyecto similar en donde se creó plástico biodegradable a partir de cáscaras de banano.

Guillermo Pazmiño, experto ambiental, explica que es muy compleja la sustitución de productos de plásticos tradicionales con plásticos biodegradables debido a la ausencia de una industria que propicie la producción de bioplásticos a gran escala y también el costo mucho menor del plástico tradicional. Para Jorge Vintimilla, decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la

Politécnica Nacional, el panorama se complica aún más, si se toma en cuenta que no hay una cultura de clasificación de desechos en el Ecuador.

En una empresa holandesa llamada DSM se está desarrollando una técnica que permite aprovechar el etanol extraído de la caña de azúcar y mezclarlo con ciertas materias primas para generar el “plástico de ingeniería”. La idea base de esta técnica es el poder generar plástico de fuentes renovables y disminuir el consumo de resinas plásticas para la producción. Esta técnica podría ser emulada en nuestro país al tener una fuerte producción de caña de azúcar.

Al existir un alto nivel de innovación en el sector plástico de hoy en día, el país debe comenzar a pensar en romper las barreras de los productos que desarrolla para buscar reemplazar otras materias primas más caras con plástico. En México existe un proyecto llamado “Etileno XXI” financiado por el Banco Internacional del Desarrollo que consiste en construir un complejo petroquímico que tendría una capacidad anual de cerca de 1 millón de toneladas de polietileno, el cual es uno de los insumos claves para producir plástico. Esto serviría para abaratar los costos de este bien en ese país y producir materiales o piezas innovadoras que sirvan para el sector industrial, construcción, etc.

El sector alimenticio ha sido uno de los más grandes clientes de la industria plástica por lo cual su buen desempeño tiene un alto nivel de incidencia en los resultados de las ventas de bienes plásticos. Entre los principales productos encontramos los envases plásticos, estuches, botellas y fundas que protegen a los alimentos. En el caso de las exportaciones, ASEPLAS nos comenta como las fundas biflex para banano son un bien complementario muy importante para el sector agrícola y permiten agregar valor al producto que es reconocido a nivel mundial.

Al ser el sector plástico, uno de los sectores más importantes para la economía del país según el Gobierno ecuatoriano, se firmó el 20 de Noviembre del 2013 un acuerdo entre ASEPLAS y el Ministro de Industrias y Productividad en el cual se buscaba dar ciertos beneficios a las empresas plásticas con el fin de sustituir importaciones de productos por bienes de calidad producidos en el Ecuador. Esto da inicio al proyecto “Encadena-Ecuador” que busca que todas las empresas que se dedican a la producción de plásticos e importan insumos, busquen abastecerse con pequeños y medianos empresarios locales. De esta manera se fomentaría la producción nacional y se incrementaría el aprovechamiento de la tecnología y mano de obra ecuatoriana.

Según ASEPLAS se estima que con ciertas medidas gubernamentales se pueda sustituir un poco más de 60 millones de dólares de importación, con 14.745 Ton de plásticos, en 52 productos beneficiando de esta manera a 72 empresas nacionales y generando mayores fuentes de empleo directo e indirecto.

ASEPLAS indica que mediante un trabajo en conjunto con las entidades gubernamentales se puede llegar a generar políticas que beneficien la producción plástica, desarrollen la economía, fomenten las exportaciones y permitan generar productos de calidad que satisfagan al cliente.

3) CAPITULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA FIRMA “RABESA S.A.”

En este capítulo vamos a realizar un diagnóstico que nos permita conocer cuál es la situación actual de la empresa RABE S.A. basados en las herramientas previamente mencionadas en el capítulo 1 y poder identificar cual es el área de oportunidad en la que nos vamos a centrar para nuestro proyecto Six Sigma.

3.1) Descripción general de la empresa

RABE S.A. es una empresa de naturaleza de sociedad anónima que inicio sus actividades el 26 de Abril del 2001 cuyas oficinas y planta se ubican en el Km. 6 de la Vía Juan Tanca Marengo en la Cdla. Santa Adriana Manzana 9 solares 7-8 y 9. Parroquia Tarqui, cantón Guayaquil en la Provincia del Guayas.

Se dedica a la fabricación de productos plásticos: fundas, daypas, protectores y rollos de polietileno de alta densidad. Los principales clientes son las haciendas productoras de banano que se encuentran en Machala y Quevedo, las cuales buscan exportar su producto a diferentes países, entre estos Rusia y Estados Unidos, donde exigen un producto de alta calidad y por ende la funda biflex es muy importante para conservar el banano hasta que llegue a su destino final.

RABE S.A. forma parte de la Asociación Ecuatoriana de Plásticos, misma que se encuentra conformada por 113 empresas productoras de plástico donde 20 empresas se dedican a la producción de fundas biflex para banano, que es el principal producto que ofrece la empresa y por ende en el que más se debe enfocar la mejora.

La empresa fue fundada por Mauro Tama Mendoza y Graciela Vélez Erazo De Tama en el 2001, los mismos que actualmente son los accionistas de la empresa con la siguiente participación accionaria:

Tabla 12 - Repartición accionaria de la empresa RABE S.A.

Nombre	Número de cédula/ciudadanía	Participación
Mauro Iván Tama Mendoza	0906408000	50%
Graciela Elizabeth Vélez Erazo	0905763357	50%
	Total	100%

Fuente: Superintendencia de Compañías 2015. Realizado por: El autor.

3.2) Historia de la empresa

La idea del negocio partió al observar que existía una tendencia de crecimiento muy interesante en la exportación del banano ecuatoriano y al ser las fundas de biflex un bien complementario muy importante, se podía asegurar un nivel de éxito en este producto.

Inició sus actividades con una maquina extrusora que tenía una capacidad de producción de 25 kilos de fundas plásticas por hora aproximadamente. El primer producto que se dedicaron a ofrecer fueron las fundas tipos camisetitas de línea 6, 5,4 y se comercializaban a comerciantes de mercados de alimentos.

En Octubre del 2001 la fábrica vio la oportunidad de producir fundas plásticas para banano. Al ver que tenían algunos clientes potenciales, se compro una maquina cortadora y una perforadora para poder ofertar un nivel de 8,000 kilos por mes. En el año 2003 la empresa adquirió otra máquina extrusora con la misma capacidad de producción (25 kilos por hora) y compro un camión para realizar la distribución de los productos a las haciendas. Con esta segunda maquina la capacidad de producción mensual subió a 22,000 kilos por mes.

En el 2007 se compro otro camión que permitió mejorar la logística externa de la empresa que se veía en aprietos al haber incrementado su producción. Para el siguiente año se incrementaron las pedidas de los clientes y la empresa necesitaba incrementar su capacidad de producción, por lo que realizo un proyecto con la CFN para poder adquirir 2 maquinas extrusoras con una capacidad de 45 kilos por hora, se amplió la fábrica comprando el terreno continuo y se construyo una bodega para los insumos. Gracias a esta inversión realizada la empresa llego a producir 80,000 kilos mensuales de fundas plásticas y realizo un convenio con ChemPlas para poder calificar sus fundas de protección de racimo y certificarse como socio. En el 2009 cambiaron el primer camión por uno de mayor capacidad para poder mejorar la logística externa.

De ahí en adelante la producción de la fábrica fue mejorando al incrementar los pedidos de los clientes que necesitaban sus fundas de alta calidad, por lo que en el 2010 incrementaron su producción a 95,000 kilos mensuales y en el 2012 subió a 105,000 kilos mensuales. Actualmente manejan una producción que alcanza los 140,000 kilos mensuales, pero a pesar del incremento la fabrica ya está empezando a llegar al 100% de su capacidad por lo que en Febrero del 2015 se adquirió una quinta maquina extrusora que tiene una capacidad de 55 kilos por hora y va a permitir aumentar los niveles de producción en cerca de un 40% para finales del 2015.

3.3) Misión, Visión y Objetivos Estratégicos de RABE S.A.

La empresa RABE S.A. conociendo la importancia que tiene el definir un rumbo claro, ha definido como parte de su Cultura Organizacional, la siguiente Misión y Visión:

Misión: La Compañía CONSTRUCCIONES Y ARQUITECTURA RABE S.A. debe mantener el posicionamiento en la Industria Plástica e incrementar el mismo en base a políticas de producción, calidad en el servicio, precios competitivos y atención personalizada, así como también alcanzar una permanente motivación, capacitación y bienestar de nuestros empleados.

Visión: La Compañía CONSTRUCCIONES Y ARQUITECTURA RABE S.A., debe incrementar su grupo de activos, especialmente en el área de máquinas con tecnología de punta, que nos permitirá aumentar substancialmente la producción, reducir costos para apalear en algo los altos costos de materia prima y mantener precios competitivos con nuestros clientes. En los próximos 5 años se debe lograr un incremento en las ventas de un 10% anual como mínimo. Además este crecimiento se logrará ingresando en otros sectores industriales que demandan productos fabricados con polietileno de baja densidad.

Para poder dar cumplimiento a esta propuesta de Misión y Visión de RABE S.A., se ha determinado una serie de objetivos estratégicos que determinaran metas más específicas a cumplir que se detallan a continuación:

Objetivos estratégicos:

- Reafirmar nuestra presencia en la Industria Plástica, mediante una producción con tecnología de punta que nos garantice eficiencia, calidad y competitividad.
- Realizar un plan de abastecimiento de materias primas y demás insumos, que nos garantice un abastecimiento oportuno y adecuado.
- Mantener nuestra política de origen de la empresa en relación a nuestras ventas, las mismas que deben tener un crecimiento basado en un

análisis crediticio de nuestros clientes que nos asegure una adecuada recuperación de nuestra cartera.

- Realizar las inversiones de manera adecuada en el tiempo, es decir la construcción del galpón, sus adecuaciones para la puesta en marcha de las maquinarias.
- Asegurar nuestra relación con los clientes, proyectándonos en renegociaciones de largo plazo, con importación a ellos del entorno del sector plástico y cumpliendo con los estándares de calidad requerido.
- Actualización constante sobre las innovaciones que en el tema de máquinas y materias primas se van dando en el sector plástico.
- Capacitación y motivación al personal de planta, administración y ventas para que puedan desarrollar un trabajo con responsabilidad y entusiasmo.

3.4) Portafolio de Productos

Como hemos mencionado, RABE S.A. es una empresa manufacturera que se dedica a fabricar varios productos derivados del polietileno. Debido a los diferentes sectores que atiende, debe de realizar productos plásticos con diferentes medidas, colores y características según el uso que se le vaya a dar.

El principal sector que atiende es el agrícola, al sector bananero para ser mas específico, debido a la alta demanda de fundas para racimos de banano con bifentrina que solicitan los productores de banano y que son necesarios al momento de protegerlo para evitar que se madure durante los largos viajes en barco.

A continuación detallamos cuales son todos los principales productos:

Fundas de polietileno en Alta Densidad

Dentro del sector bananero, se produce fundas con medidas indicada por cada cliente, productor o exportador en las diferentes variables que son: ancho, largo y espesor. Estas características pueden variar ya que dependen de la zona de cultivo y tamaño del racimo. Las medidas más comunes en las que se produce este tipo de fundas son:

Ancho: Desde 62.5 hasta 92.5 centímetros

Largo: Desde 112.5 hasta 180 centímetros

Espesor: Desde 6.25 hasta 5 milímetros

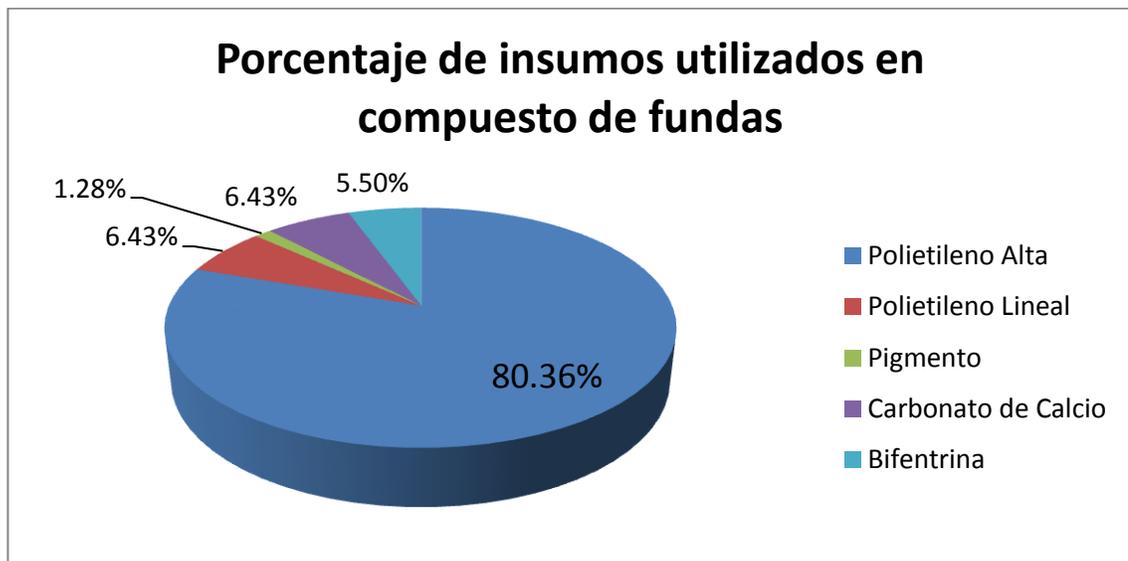
Otra característica importante de esta funda es que se le puede agregar bifentrina como parte del compuesto. La bifentrina es un insecticida autorizado por Agro Calidad en el Ecuador para combatir las plagas que atacan al banano durante su cosecha y transporte. En general los clientes suelen solicitar a RABE S.A. que el 5.5% del compuesto de las fundas sea bifentrina y el otro 94.5% está compuesto por Polietileno de Alta Densidad (80.36%), Polietileno Lineal (6.43%), Pigmento Verde (1.28%) y Carbonato de Calcio (6.43%).

Debido a que la unidad de ventas es en miles de fundas pero las maquinas producen en kilos se debe utilizar una fórmula para convertir el peso en kilos a miles de fundas. La formula es la siguiente:

$$\text{Kilos por millar} = \text{Ancho} * \text{Largo} * \text{Espesor} * \text{Constante}$$

La constante es la unidad que define el peso de la funda por millar y variara según el tipo de polietileno que se utilice. Normalmente en el caso de la alta densidad está entre 30.16 gr/cm^3 y 30.60 gr/cm^3 según el pedido del cliente.

Tabla 13 - Porcentaje de los compuestos utilizados para la elaboración de fundas biflex.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

También para el sector bananero se produce Daypas y Protectores utilizados para proteger el racimo.

Fundas en polietileno de alta densidad con fuelle o sello de fondo

El sector alimenticio utilizan las fundas selladas para poder almacenar los diferentes alimentos que produzcan hasta que lleguen a su envase final y que conserven sus características sin dañarse. Estas fundas son ideales para implementar la técnica de sellado al vacío.

Rollos de polietileno en alta densidad

Este tipo de producto se usa más en el sector comercial para uso masivo. Este tipo de plástico sirve para envolver, empacar o embalar alimentos, productos

químicos o cualquier otro bien que necesite conservar ciertas características sin ser afectado por el ambiente.

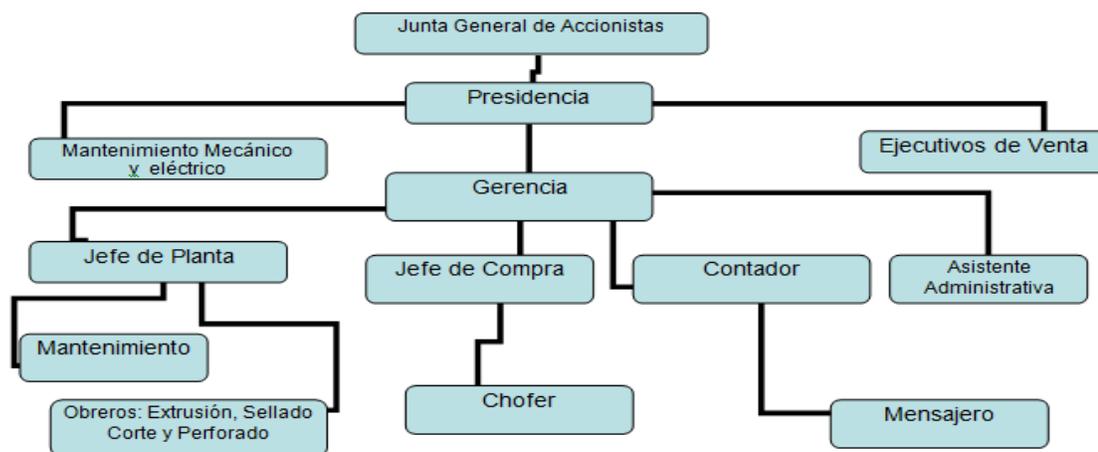
Fundas y Rollos de polietileno de baja densidad

Este tipo de producto es muy personalizable de acuerdo al requerimiento del cliente, mayormente del sector industrial. Son usados en cantidades muy grandes por lo cual las industrias suelen preferir la presentación de rollos.

3.5) Estructura organizacional de RABE S.A.

La estructura de RABE S.A. está definida en base a los procesos de mayor relevancia para la producción de las fundas plásticas, las funciones del personal administrativo que sirven de apoyo para la operación y las relaciones de los diferentes niveles de jerarquía que la empresa definió como idónea para manejar las operaciones en el día a día. El organigrama de la empresa es:

Gráfico 30 - Organigrama de la compañía “Construcciones y arquitectura RABE S.A.”.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: RABE S.A.

La empresa se divide en dos áreas, Área Administrativa-Ventas y Área de Producción. Dentro del área de producción intervienen tres procesos que serían: Extrusión, Corte/Perforación y Sellado. La empresa al 2015 posee un total de 26 empleados y que se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 14 - Detalle del número de empleados según área de la empresa.

Actividad	Número de Personas	Tipo de Contratación
Producción	18	Obreros Fijos
Administración y Ventas	8	Empleados Fijos

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Todos los empleados se encuentran asegurados al IESS y la empresa cumple todos los beneficios de ley según se pudo constatar en la visita.

El área administrativa trabaja desde las 08h00 hasta las 17h30. El área de producción trabaja por turnos según cada proceso, mismos que se detallan a continuación:

Tabla 15 - Turnos de trabajo por cada proceso del área de producción.

Proceso	Turnos	
Extrusión	07h00-19h00	19h00-07h00
Corte y Perforación	07h00-19h00	19h00-07h00
Sellado	07h00-17h00	19h00-07h00

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Como se puede observar toda la estructura obedece a los objetivos de la Junta General de Accionistas, misma que para asegurar el cumplimiento de los estos mediante el seguimiento constante del Presidente y la Gerencia.

La Presidencia de RABE S.A. está a cargo del Arq. Mauro Iván Tama Mendoza, el mismo que también cumple las funciones de Gerente de Producción. El se encarga de la representación legal de la empresa y también de supervisar el cumplimiento de las operaciones/objetivos. Gracias a su experiencia y conocimientos en máquinas sobre su funcionamiento mecánico y eléctrico aporta también en dirigir el mantenimiento de las maquinas de planta.

En el área de planta su personal de apoyo son los ingenieros mecánicos y eléctricos, con quien coordina las tareas de revisión, mantenimiento y compra de repuestos. Actualmente la empresa cuenta con personal operativo que tiene bastante experiencia en la industria plástica y por ende puede obtener buenos resultados.

La Gerencia General de la empresa está a cargo de Lcda. Graciela Vélez de Tama quien es responsable de:

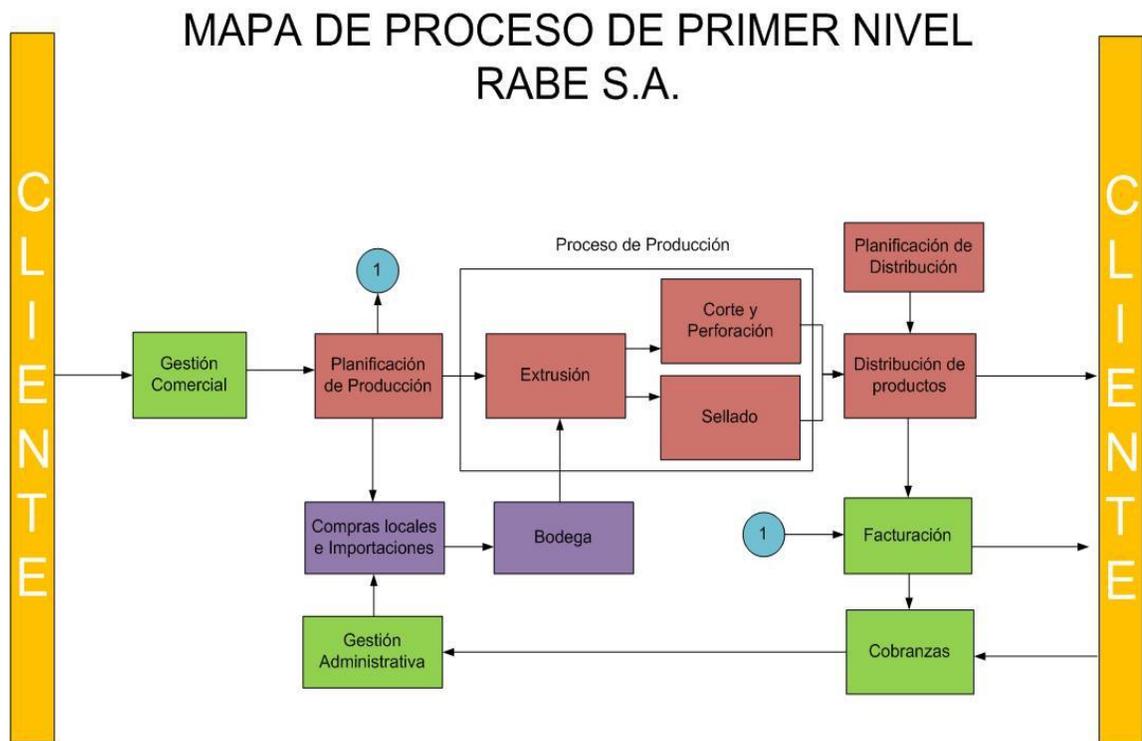
- Realizar los controles y análisis financieros,
- Coordinar la planificación de producción de forma diaria,
- Realiza compras de suministros e materia prima,
- Maneja las importaciones del polietileno,
- Realiza la gestión de cobranzas
- Coordina a los ejecutivos de ventas
- Supervisa la facturación de los precios
- Entre otras actividades administrativas

En el área de venta se coordina la logística de entrega de los productos y metas que los vendedores deben lograr y en base a los informes recibidos de la Gerencia analiza y aprueba los precios de venta de los diferentes productos.

3.6) Mapa de Primer Nivel de RABE S.A.

Ahora vamos a recorrer el proceso de generación de valor que tiene la empresa RABE S.A. desde que se genera el pedido del cliente hasta que se entrega el producto. Para esto se presenta a continuación el mapa de proceso de primer nivel que se armo en conjunto con la dirección de la empresa:

Gráfico 31 - Mapa de proceso de primer nivel RABE S.A.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

A continuación comenzamos a detallar los principales procesos que intervienen dentro de la cadena de valor para tener mayor entendimiento de los mismos.

3.6.1) Procesos Principales

Gestión Comercial: Este es el proceso inicial donde se entabla el primer contacto con el cliente, en este caso los ejecutivos de ventas de RABE S.A., que trabajan de forma externa, realizan la gestión de buscar nuevos clientes (Productores de banano, fincas, etc.) y también receptan los pedidos de los clientes recurrentes para enviárselas a la Gerencia General. Los pedidos recurrentes también pueden ingresar vía mail, whatsapp y llamada telefónica y los receptan los ejecutivos de venta, las asistentes administrativas y hasta la misma Gerencia General.

Posteriormente la Gerencia General es la responsable de consolidar todos los pedidos que ingresan cada semana para poder pasar a la planificación de producción.

Planificación de la producción: Una vez que se tiene todos los pedidos consolidados, se reúne la Gerente General con el Jefe de Planta para comenzar a planificar la producción de cada día. Empiezan con el proceso de extrusión, donde verifican la capacidad estimada de cada una de las 4 maquinas y su disponibilidad para ver que van a producir cada hora del día. Después pasan a planificar el proceso de corte y perforación donde tienen 2 maquinas para cada subproceso y planifican según la capacidad de los turnos. Finalmente se planifica el proceso de sellado si es que hubieran pedidos de fundas al vacío o protectores.

Es importante mencionar que al momento de planificar la producción se privilegia a los clientes con mejor historial de pago para poder asegurar el capital de trabajo y seguir produciendo.

En el caso de los días viernes se realiza la planificación de producción para el viernes en la noche, el sábado en la mañana y el lunes en la mañana.

Extrusión: Una vez que ya se encuentra la orden de producción diaria, el jefe de planta se dirige a la planta a comunicarle a los operadores cuales son las ordenes que se van a trabajar, medidas, etc. El proceso donde inicia la producción es el de la extrusión del plástico. Primeramente el operador recibe la materia prima (Polietileno Alta, Baja y Lineal, Bifentrina, Pigmentos, etc.) de parte del jefe de planta y la mezcla en una mezcladora especial.

Gráfico 32 - Maquina mezcladora de materias primas.



Fuente: RABE S.A. Tomada por: El autor.

Mientras se realiza la mezcla se procede a arrancar la maquina extrusora para que se caliente y llegue a la temperatura correcta. Una vez que la maquina se encuentra preparada y la mezcla esta lista, se alimenta a la maquina con la mezcla a través de una tolva que se encuentra en la parte posterior de la maquina. Una vez que ingresa aquí la mezcla pasa por una cámara donde esta un tornillo o husillo que comienza a dar vueltas a altas temperaturas para fundir y conducir la mezcla hacia un dado donde saldrá con la forma correcta para ser soplado después hacia arriba.

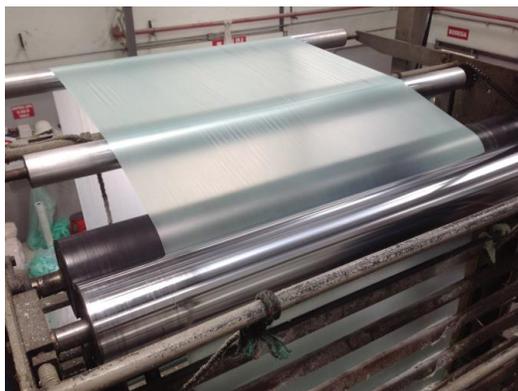
Gráfico 33 - Foto de la tolva de la camina extrusora y el globo de plástico.



Fuente: RABE S.A. 2015. Tomada por: El autor.

El globo que se produce sube unos 3 metros hasta una serie de planchas y rodillos que lo aplanan y lo conducen nuevamente hasta abajo donde finalmente se consolida en un rollo de fundas plásticas hechas a la medida correspondiente. En el caso de que las fundas lleven alguna impresión pasan por un cirel que les graba el nombre solicitado por el cliente.

Gráfico 34 - Foto de rodillos que conducen las fundas plásticas.



Fuente: RABE S.A. 2015. Tomada por: El autor.

Es importante mencionar que durante el proceso de extrusión se realizan tres controles de calidad los cuales consisten en cortar una muestra de la funda y medir el ancho, espesor y el peso para constatar que todo este de acorde al pedido, si existe alguna diferencia se realizan los ajustes correspondientes.

Gráfico 35 - Foto de control de calidad realizado a muestra de funda plástica.



Fuente: RABE S.A. 2015. Tomada por: El autor.

Corte y perforación: Una vez que se sacan los rollos de fundas plásticas del proceso de extrusión, la gran mayoría pasan a los procesos de corte y perforación. Primero van al proceso de corte donde se coloca el rollo en una maquina que se encarga de cortar las fundas en las medidas de largo solicitada por el cliente y las va agrupando para el proceso de perforación.

Gráfico 36 - Rollos de Plástico en la maquina de corte donde se fija el largo de la funda.



Fuente: RABE S.A. Tomada por: El autor.

Una vez que las fundas están cortadas pasan a un proceso de perforación donde un operario las ubica de un lado de la máquina perforadora y se encarga de ir jalando las fundas para que se vayan haciendo los huecos según las medidas solicitadas por el cliente. Una observación relevante es que en este proceso se genera bastante desperdicio por el plástico que cae al piso y es contaminada, pero la empresa lo revende a recicladores para disminuir pérdidas. Los espacios entre los huecos y el ancho del mismo, son determinados por el cliente dependiendo del nivel de maduración que desean conseguir.

Gráfico 37 - Fundas de plástico pasadas por la maquina perforadora.



Fuente: RABE S.A. 2015. Tomada por: El autor.

Sellado: Este proceso toma los rollos de plásticos producidos con pigmento natural para poder generar Daypas y Protectores de productos alimenticios o cajas de banano. Simplemente inician colocando el rollo en una maquina selladora y automáticamente la maquina va jalando la funda y sellándola de uno o dos lados según corresponda y la entrega del otro lado de la maquina lista para ser empacada.

Gráfico 38 - Maquinas selladoras produciendo protectores.



Fuente: RABE S.A. 2015. Tomada por: El autor.

Distribución de productos: Una vez que se encuentra el producto listo y empaquetado para la entrega se lo deja en la zona de embarque para que al día siguiente se lo ubique en los dos camiones que tiene la empresa y se lo distribuya a los clientes según lo planificado. Una vez que se le entrega al cliente el pedido, también se le entrega la factura y en ocasiones se recepta un nuevo pedido.

3.6.2) Procesos de apoyo

Planificación de distribución: La Gerencia General analiza según la priorización de los clientes, cual es el orden de las entregas y cuantos pedidos podrán despachar en un viaje de los dos camiones que posee disponible para entregar los productos.

Facturación: Después de realizar la planificación de distribución se reúne todos los pedidos que se van a trabajar y la Gerente General se reúne con la asistente contable para coordinar cuales son las facturas que debe proceder a

imprimir, según el detalle de precio y medidas correspondientes. También debe de elaborar las guías de ruta para los choferes de los camiones.

Cobranza: La Gerente General en conjunto con los ejecutivos de venta realizan la gestión de cobranza y se encargan de contactar a los clientes (Vía Whatsapp, Llamadas telefónicas y Mail) para cobrar los valores adeudados.

Compras locales e Importaciones: La Gerencia General es la responsable de coordinar en conjunto con el supervisor de producción las compras de los diferentes insumos tanto a nivel nacional (Pigmentos, Carbonato de Calcio, Bifentrina, herramientas, piezas de maquinas, etc.) como internacional (Polietileno de Alta y Baja densidad, Lineal). En el caso de las importaciones, RABE S.A. goza de IVA 0% debido a que sus clientes son del sector agrícola.

Bodega: El supervisor de producción es el responsable de llevar el control de inventarios en la bodega y de entregar los materiales a los operadores al inicio de la jornada.

Gestión Administrativa: La Gerencia General será la responsable de llevar la administración general de la empresa y velar por el bienestar de todos los trabajadores. Dentro de este proceso encontramos subprocesos como Control Contable, Gestión del Talento Humano y Pagos a Proveedores.

3.7) Situación Financiera de RABE S.A.

Tomando como fuente la información financiera presentada a la Superintendencia de Compañías, vamos a realizar un análisis de cuál es la situación financiera actual, mediante la generación de indicadores financieros. Se analizará los periodos 2011, 2012 y 2013 según los estados financieros y estados de resultados que se encuentran en línea.

La información financiera de la empresa es una parte importante para el desarrollo de los proyectos Six Sigma, pero a pesar de esto es importante destacar que no es totalmente determinante para el éxito del proyecto. En el caso de nuestro proyecto que va a estar enfocado en el área de producción, se puede considerar los indicadores de actividad y la estructura de costos y gastos.

De todas formas se realiza un análisis completo de la situación financiera para conocer un poco más la realidad de la firma.

Tabla 16 - Estados de situación financiera y de resultado de RABE S.A. 2013.

Estado de Situación Financiera

Empresa: RABE S.A.

CUENTAS	2011	2012	2013
Activos			
Caja y Bancos	15,391.53	29,809.47	132,882.57
Cuentas por cobrar clientes	186,561.74	179,619.00	207,467.90
Otras cuentas por cobrar	17,610.64	1,614.07	2,681.37
Inventarios de materia prima	56,796.56	50,405.79	97,346.52
Inventarios	23,753.70	19,282.82	21,747.56
Mercadería en tránsito	340.83	905.90	169.11
Gastos pagados por anticipado	2,609.29	-	1,471.60
Otros activos corrientes	114,583.87	185,225.30	107,335.50
Activos Corrientes	417,648.16	466,862.35	571,102.13
Bienes Raíces	256,141.54	403,579.76	407,297.76
Maquinaria y Equipo	219,414.57	224,794.57	225,269.81
Depreciación acumulada	103,860.46	164,538.75	203,855.85
Activo No Corriente	371,695.65	463,835.58	428,711.72
Total Activos	789,343.81	930,697.93	999,813.85

Pasivos			
Obligaciones Bancarias	79,449.93	88,000.00	2,468.95
Cuentas por pagar proveedores	330,223.97	338,912.95	226,574.67
Cuentas por pagar empleados y beneficios sociales	8,312.49	8,859.43	15,382.93
Impuestos por pagar		36,210.31	3,160.17
Pasivo Corriente	417,986.39	471,982.69	247,586.72
Obligaciones Bancarias a largo plazo	200,752.45	-	-
Otra deuda a largo plazo	-	149,570.16	444,273.89
Pasivo No Corriente	200,752.45	149,570.16	444,273.89
Total Pasivo	618,738.84	621,552.85	691,860.61
Patrimonio			
Aumento de capital en tramite	3,772.40	20,000.00	7,000.00
Capital Social	89,521.60	93,294.00	93,294.00
Reserva Legal	6,733.85	6,733.85	6,733.85
Reserva por revalorización	4,908.32	123,226.25	123,226.25
Resultados Acumulados	41,926.08	65,668.80	65,890.98
Utilidad (Perdida) del Ejercicio Neta	23,742.72	222.18	11,808.16
Total Patrimonio	170,604.97	309,145.08	307,953.24
Total Pasivo y Patrimonio	789,343.81	930,697.93	999,813.85

Estado de Resultado Integral

Empresa: RABE S.A.

CUENTAS	2011	2012	2013
Ventas Netas	2,461,302.69	2,445,020.23	2,494,013.88
Costo de Ventas	2,272,772.36	2,080,847.60	1,769,777.75
Utilidad Bruta	188,530.33	364,172.63	724,236.13
Gastos de Ventas, Adm, general	105,853.53	313,970.47	606,963.70
Gastos de Ventas	105,853.53	113,587.05	369,092.94
Gastos de Administración	-	171,469.40	209,239.74
Gastos Generales		28,914.02	28,631.02
Utilidad antes de depreciación, amortización (EBITDA)	82,676.80	50,202.16	117,272.43
Gastos de Depreciación	27,260.20	9,855.48	41,276.65
Utilidad antes de impuestos y participación trab.	55,416.60	40,346.68	75,995.78
Participación trabajadores	8,312.49	6,052.00	11,399.37
Utilidad antes de impuestos	47,104.11	34,294.68	64,596.41
Impuestos a la renta	23,361.39	34,072.50	52,788.25
Utilidad Neta	23,742.72	222.18	11,808.16

Fuente: Superintendencia de Compañías. Realizado por: El autor.

A continuación presentamos los índices financieros más importantes que se pueden utilizar para analizar los estados financieros de la compañía y determinar cuál ha sido el comportamiento durante sus últimos 3 años.

Tabla 17 Razones Financieras de la actividad de RABE S.A. 2013.

RAZONES FINANCIERAS			
PERIODOS DE ANALISIS:	31/12/2011	31/12/2012	31/12/2013
LIQUIDEZ			
CAPITAL DE TRABAJO	- 338	- 5,120	323,515
INDICE DE LIQUIDEZ	1.00	0.99	2.31
PRUEBA ACIDA	0.94	0.95	2.22
APALANCAMIENTO			
INDICE DE ENDEUDAMIENTO	3.63	2.01	2.25
DEUDA A ACTIVOS TOTALES	0.78	0.67	0.69
ACTIVIDAD			
ROTACION DE CARTERA (DIAS)	27	26	15
ROTACION DE INVENTARIO (DIAS)	13	12	12
ROTACION PROVEEDORES (DIAS)	52	59	23
ROTACION DE ACTIVO TOTAL	3.12	2.63	2.49
RENTABILIDAD			
MARGEN DE UTILIDAD BRUTA	8%	15%	29%
MARGEN OPERATIVO EBITDA	3%	2%	5%
INDICE UTILIDAD NETA /VENTAS	1.0%	0.0%	0.5%
RENDIMIENTO SOBRE LA INVERSION (ROA)	3.0%	0.0%	1.2%
INDICE UTILIDAD/ PATRIMONIO (ROE)	13.9%	0.1%	3.8%

Fuente: Superintendencia de Compañías. Realizado por: El autor.

Empezando a analizar los indicadores de liquidez podemos observar como la compañía ha mejorado su capital de trabajo disponible durante los últimos periodos pasando de tener cifras negativas a tener un valor de \$ 323,515. Esto

también se ve reflejado en los índices de liquidez donde a pesar que en el 2011 y 2012 se tuvo un indicador de 1.00 y 0.99 respectivamente, se mejora notablemente en el 2013 obteniendo un 2.31. En conclusión, la liquidez de la empresa para sostener sus operaciones fue evolucionando satisfactoriamente.

El índice de endeudamiento calculado de la división entre el pasivo total sobre el patrimonio nos demuestra que la empresa ha venido bajando esta relación al pasar de 3.63 en el 2011 a 2.25 en el 2013. La principal causa se debe a que el patrimonio de la empresa se incremento notablemente en el 2012 debido a las reservas por revalorización de activos y se mantuvo así en el 2013.

La rotación de cartera también muestra una mayor recuperación pasando de 27 días en el 2011 a 15 días en el 2013 lo cual contribuye a mejorar el nivel de liquidez para la empresa.

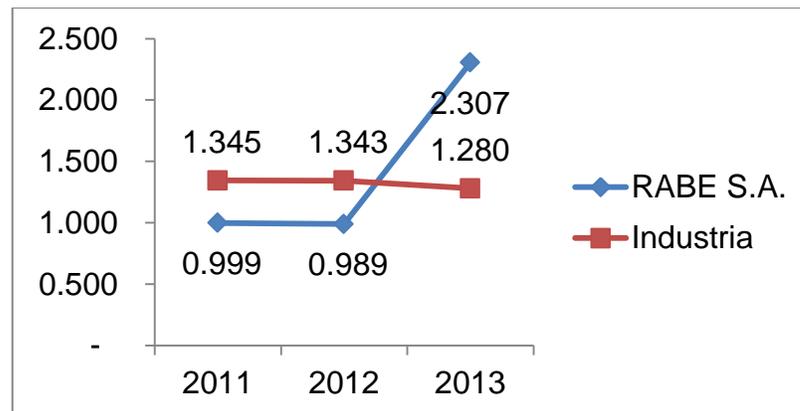
La rotación de inventarios se ha mantenido estable durante los tres años con una moda de 12 días. Si es notable que el indicador de rotación de proveedores disminuyo de 52 y 59 en el 2011 y 2012 respectivamente a 23 días, lo cual mejora la imagen de la empresa ante sus proveedores por el pronto pago.

Las ventas de la empresa han crecido en un 1.33% al 2013 en comparación con el 2011 (incremento de \$ 32,711). Con referencia a la rentabilidad nos encontramos que a pesar de que el margen de utilidad bruta fue aumentando en los 3 años del 8% al 29% y el EBITDA pasó del 3% al 5%, la rentabilidad sobre ventas ha variado del 1% al 0.5% en 2013. Esto se da a pesar de la eficiencia obtenida en la relación Costo/Venta (pasó del 92% al 71%), ya que los resultados se afectaron por el aumento que se ha venido dando en los Gastos de Venta (sube del 4% al 15%) y Administración (pasa del 0% al 8%).

Tanto el ROA como el ROE muestran un comportamiento decreciente durante estos tres años debido a que la Utilidad Neta disminuyó en el período analizado frente al crecimiento de los activos y el patrimonio.

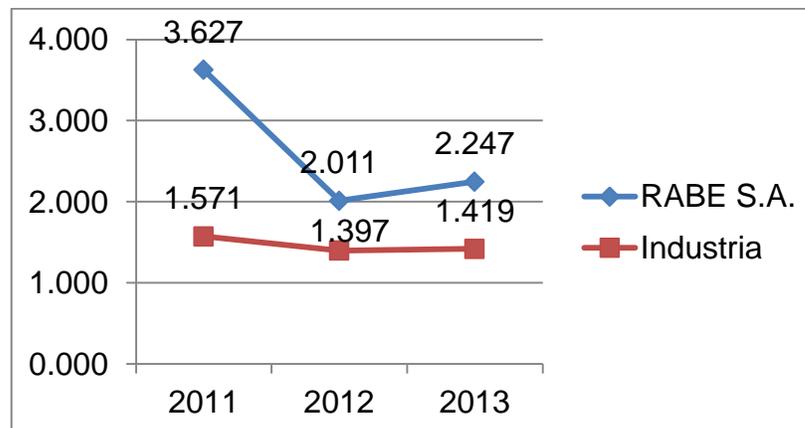
Ahora que ya tenemos los indicadores vamos a presentar una comparación grafica de la situación de la empresa RABE S.A. con la industria:

Gráfico 39 - Comparación gráfica del Índice de Liquidez entre RABE S.A. y la industria plástica



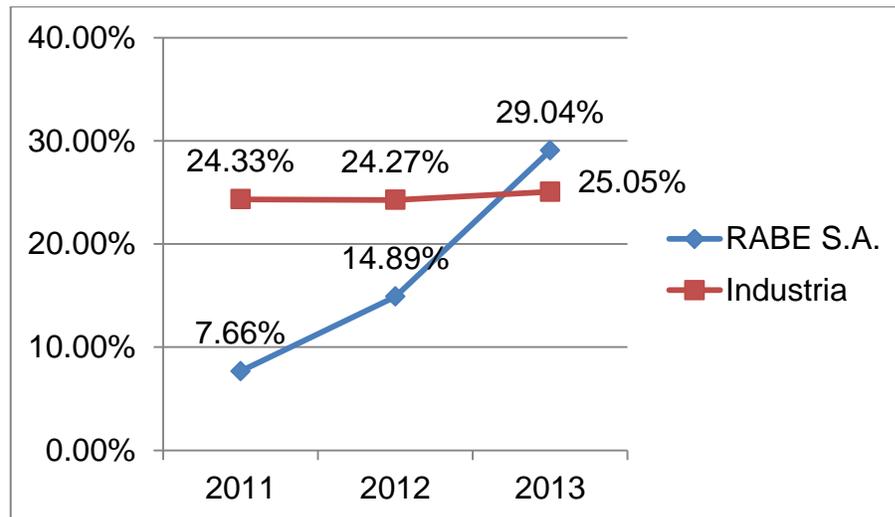
Fuente: RABE S.A 2015 y Superintendencia de Cías 2015. Realizado por: El autor.

Gráfico 40 - Comparación gráfica del Índice de Endeudamiento entre RABE S.A. y la industria plástica



Fuente: RABE S.A 2015 y Superintendencia de Cías 2015. Realizado por: El autor.

Gráfico 41 - Comparación gráfica del Margen de Utilidad Bruta entre RABE S.A. y la industria plástica



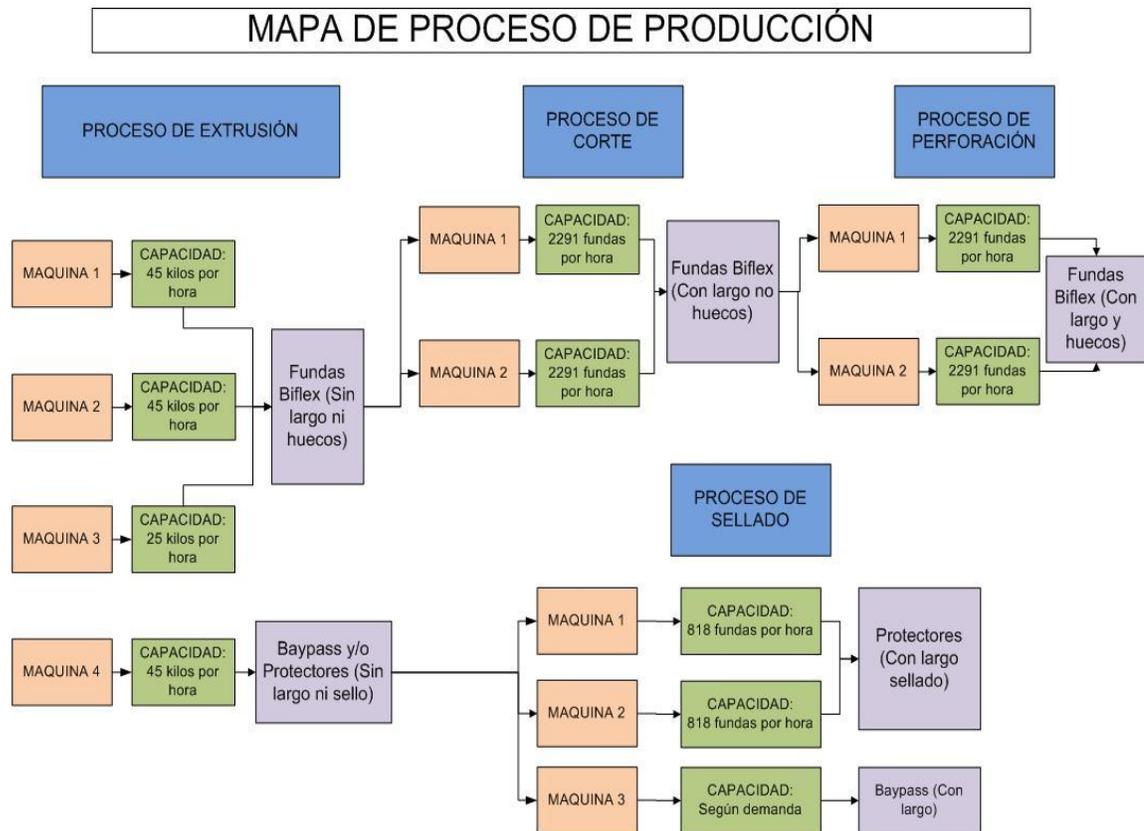
Fuente: RABE S.A 2015 y Superintendencia de Cías 2015. Realizado por: El autor.

3.8) Analisis de Área de Producción de RABE S.A.

Una vez revisada las generalidades de la empresa, su estructura, su situación financiera y entre otros puntos, es importante analizar cuál es la situación actual del área de producción de RABE S.A. El área de producción está compuesta por tres procesos primordiales:

- Extrusión
- Corte y Perforación
- Sellado

Gráfico 42 - Mapa de proceso de producción con Maquinas y Capacidades.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizadp por: El autor.

Empezamos por el proceso de extrusión, el cual es el que transforma la materia prima en fundas de plástico. Actualmente existen 4 maquinas extrusoras de las cuales la maquina 1 y 2 se dedican a hacer fundas biflex para banano, la maquina 3 es una maquina que también se dedica a hacer fundas biflex para banano pero es más antigua que la 1 y la 2, por lo que su capacidad de kilos por hora es la mitad. Finalmente la maquina 4 se dedica a hacer protectores de polietileno para cajas de banano y productos alimenticios.

Se selecciono hacer los análisis del proceso tomando en cuenta a la maquina 1 y 2 ya que son las más comparables y sobre las cuales se podría buscar implementar un proyecto Six Sigma en el caso de que se encuentre alguna

oportunidad de mejora. No se selecciono la maquina 3 porque la empresa ya se encuentra en proceso de reemplazarla a mas tardar en Mayo/2015 y tampoco se selecciono la maquina 4 porque se dedica a producir protectores, los cuales no son el producto más demandado por los clientes.

Debido a que los registros de producción se realizan a mano y son archivados en carpetas, se necesito digitalizar la información y armar una base de datos para proceder a hacer los análisis. A continuación detallo la segmentación que se realizo para este proyecto:

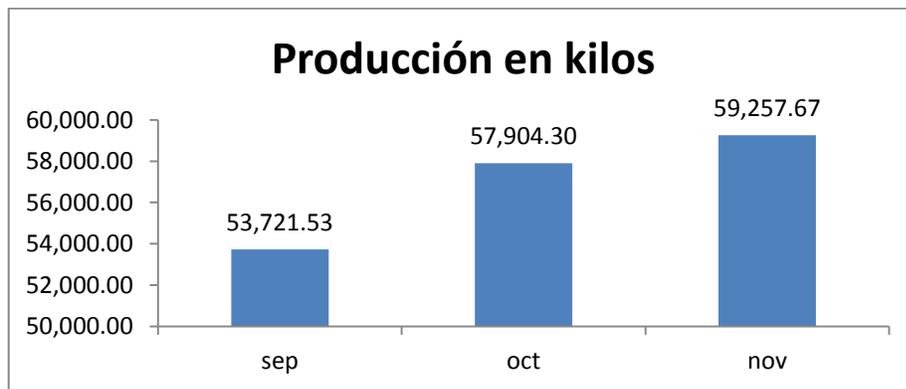
Meses a considerar: Septiembre, Octubre y Noviembre del 2014

Maquinas: 1 y 2

Se tomaron los últimos 3 meses de información que ellos la empresa tenía disponible al momento de visitarlos. Se considera una muestra muy aceptable para estimar la situación actual del proceso de extrusión ya que se toma en cuenta las maquinas más productivas y se tiene más de 30 puntos en el tiempo.

Una vez que se ha aclarado y justificado la muestra pasamos a realizar el diagnostico del proceso. Primeramente encontramos que en estas dos maquinas el proceso de extrusión ha crecido en un 10.30% de Septiembre a Noviembre, teniendo su mayor incremento en el mes de Octubre donde produjo 4,182.77 kilos más que en Septiembre.

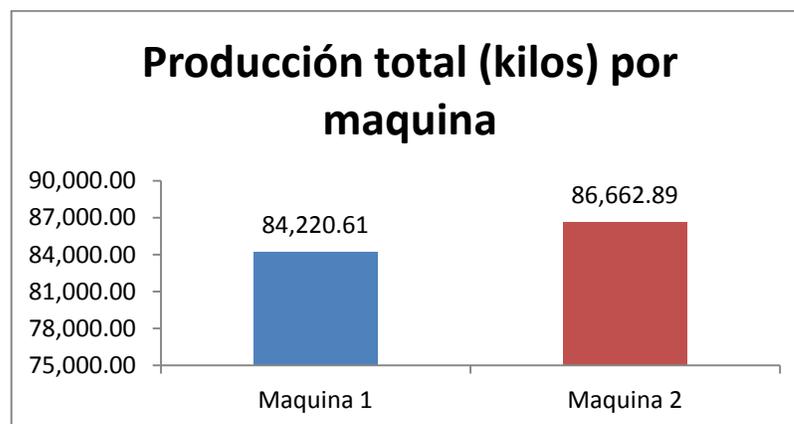
Gráfico 43 - Evolución de la producción en kilos del proceso de extrusión (Maquina 1 y 2).



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Si revisamos la producción por maquina podremos observar que son muy similares, pero que la maquina 2 produce 2,442.28 kilos más que la maquina 1 en el mismo periodo de tiempo. Esto significa un 2.90% más de producción.

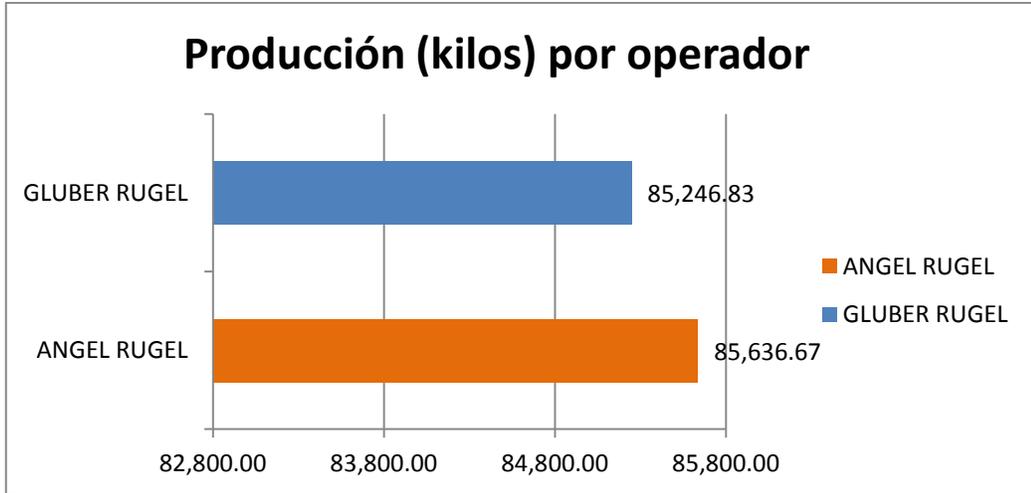
Gráfico 44 - Producción en kilos según maquina extrusora.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Al comparar los operadores vemos que ambos producen un valor similar de kilos en este periodo y ronda los 85,430 kilos promedio. Igual el operador Ángel Rugel produce 389.84 kilos más que el otro en el mismo periodo de tiempo.

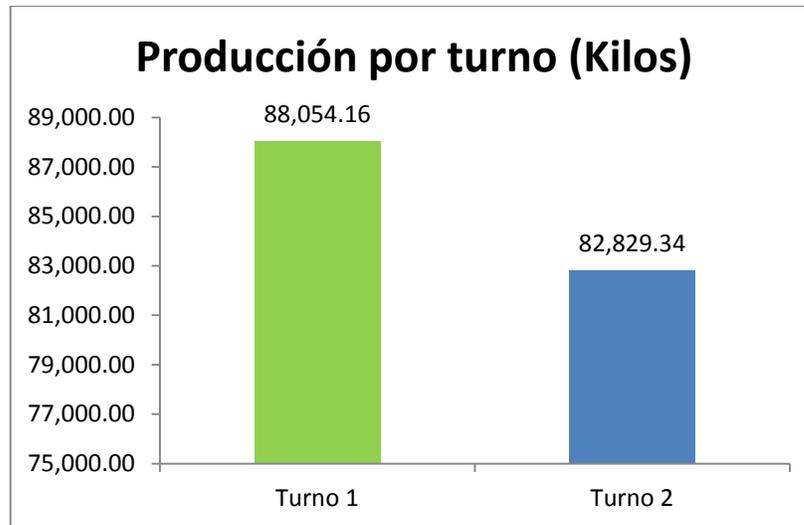
Gráfico 45 - Producción en kilos según operador en proceso de extrusión.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

La producción del turno 1 de trabajo (07h00 – 19h00) durante el periodo estipulado fue mayor en comparación al turno 2 (19h00 – 07h00) por 5,224.82 lo cual representa una diferencia del 6.31%.

Gráfico 46 - Producción en kilos según turno de trabajo.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

A pesar de que la producción neta es mayor en el turno 1, puede observarse que al momento en que se la compara con el número de jornadas trabajadas en ese turno y se saca el rendimiento de kilos producidos por turno, se evidencia que el turno 2 es mucho más eficiente con un valor promedio de 609.04 kilos por turno en relación al turno 1 que produce un valor promedio de 571.78 kilos. Según conversamos en la planta entre las razones de esta diferencia podría estar el hecho que en la noche no se dan cambios en la orden de producción a diferencia de la mañana y adicional el turno de la noche recibe las máquinas prendidas y en la temperatura adecuada, a diferencia del turno de la mañana en el cual debe realizar arranques de máquinas y regularizarla para empezar la producción.

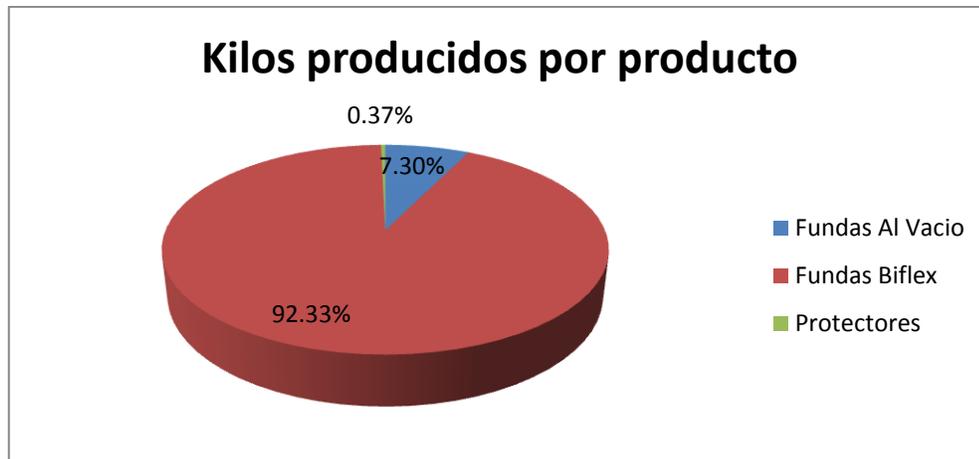
Gráfico 47 - Rendimiento real de cada turno según jornadas trabajadas.

Rendimiento de kilos producidos por turno		
	Turno 1	Turno 2
Kilos por turno	88,054.16	82,829.34
Número de jornadas	154	136
Kilos por jornada	571.78	609.04

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

El tipo de producto más manufacturado es la funda de biflex con una producción que alcanza los 157,780.82 kilos que representa el 92.33% del total de la producción. El segundo producto son las fundas al vacío con 12,474.28 (7.30%) y por último los protectores plásticos con un total de 628.40 kilos (0.37%).

Gráfico 48 - Producción en kilos según tipo de producto.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Viendo el detalle de la producción por maquina según tipo de producto podemos constatar el predominio de producción de fundas de biflex para banano en ambas maquinas.

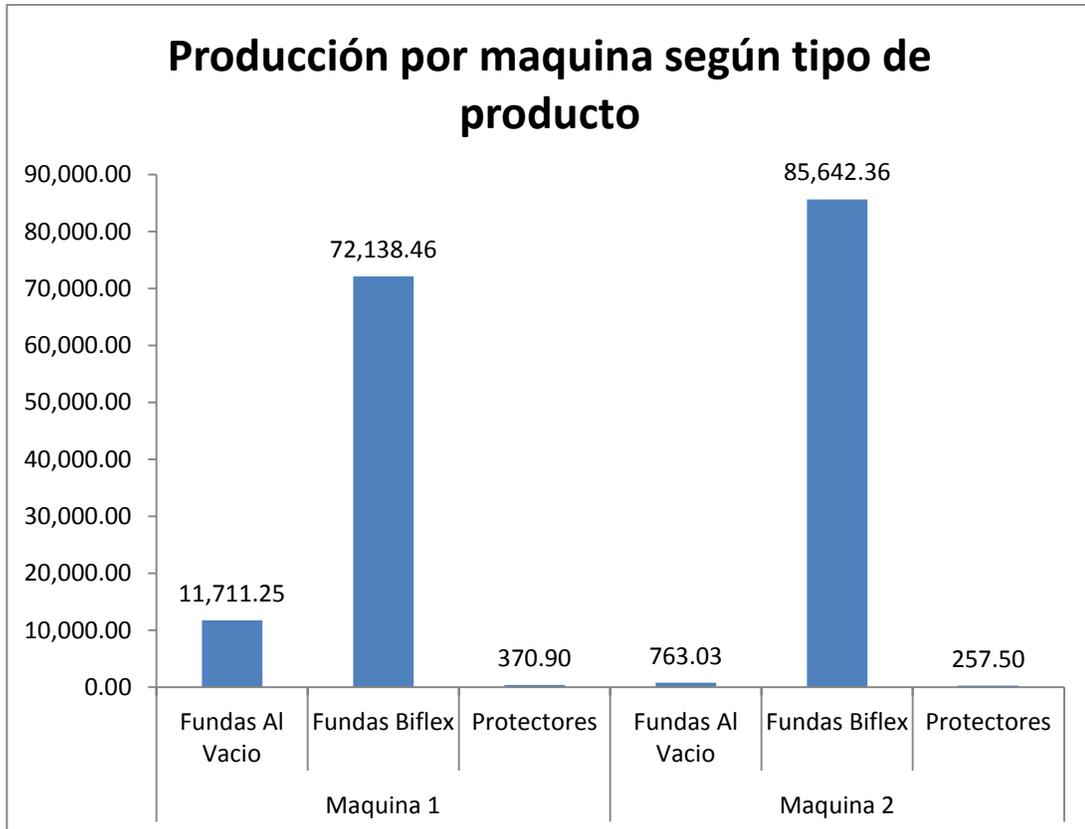
La máquina 1 ha venido aumentando su producción durante los últimos tres meses pasando de 25,958.65 kilos a 30,023.01 kilos en el mes de Noviembre, es decir subió en 4,064.36 kilos. Mientras que la maquina 2 subió de 27,762.88 kilos a 29,234.66 kilos lo que significó un incremento de 1,471.78. Es importante destacar que a pesar de que en promedio han producido lo mismo cada mes, la maquina 1 tiene mayor variabilidad.

Tabla 18 - Estadística descriptiva de la producción mensual por maquina.

Estadística Descriptivo	Promedio	Desviación Estándar
Maquina 1	28,073.54	2,037.22
Maquina 2	28,887.63	997.58

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

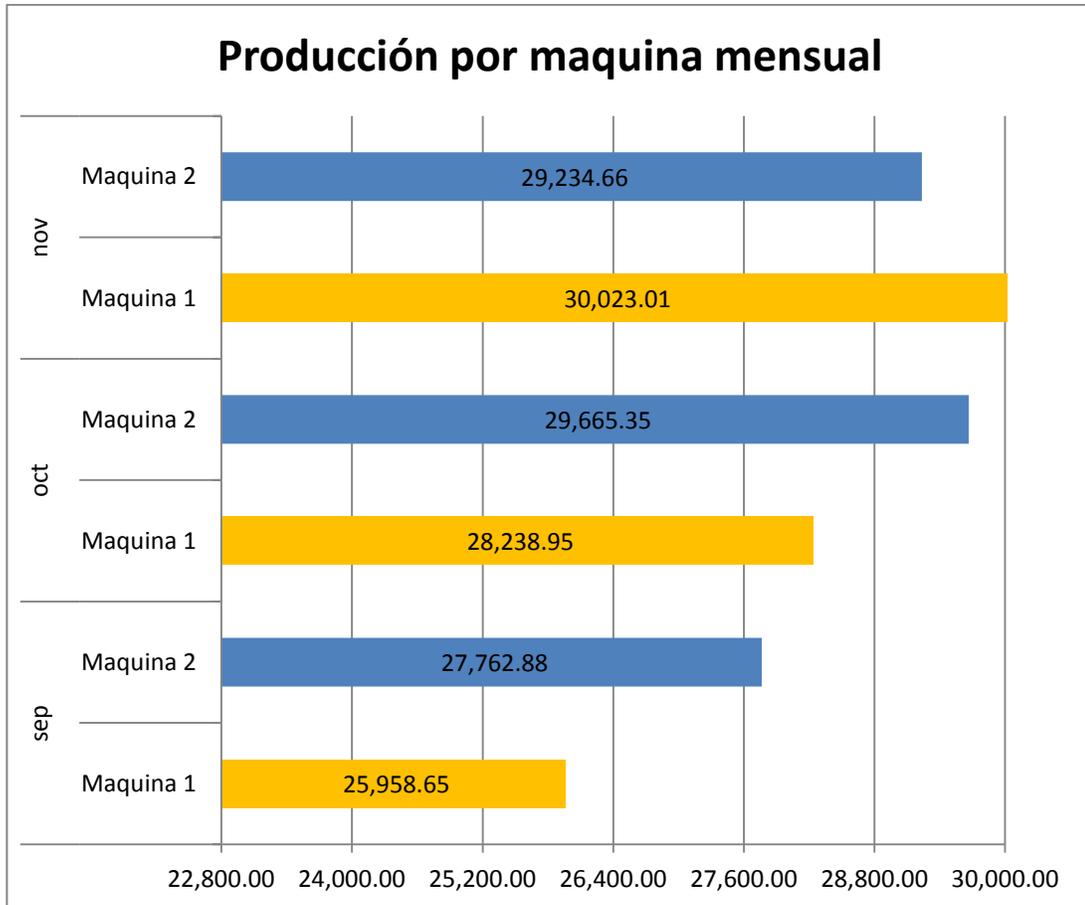
Gráfico 49 - Producción por maquina según tipo de producto.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Se observa que a pesar de las maquinas 1 y 2 han tenido una producción en kilos muy similar, si se produce una diferencia al momento de ver cual ha producido más kilos del producto más popular, o sea las Fundas Biflex. La maquina 2 produjo un total de 85,642.36 kilos de fundas biflex a diferencia de la maquina 1 que produjo 72,138.46 kilos, es decir 13,503.90 kilos menos. Esta diferencia en gran parte fue causada porque a la maquina 1 se le asigno en el transcurso de los tres meses analizados, que cambie a producir 11,711.25 kilos de Fundas al Vacío.

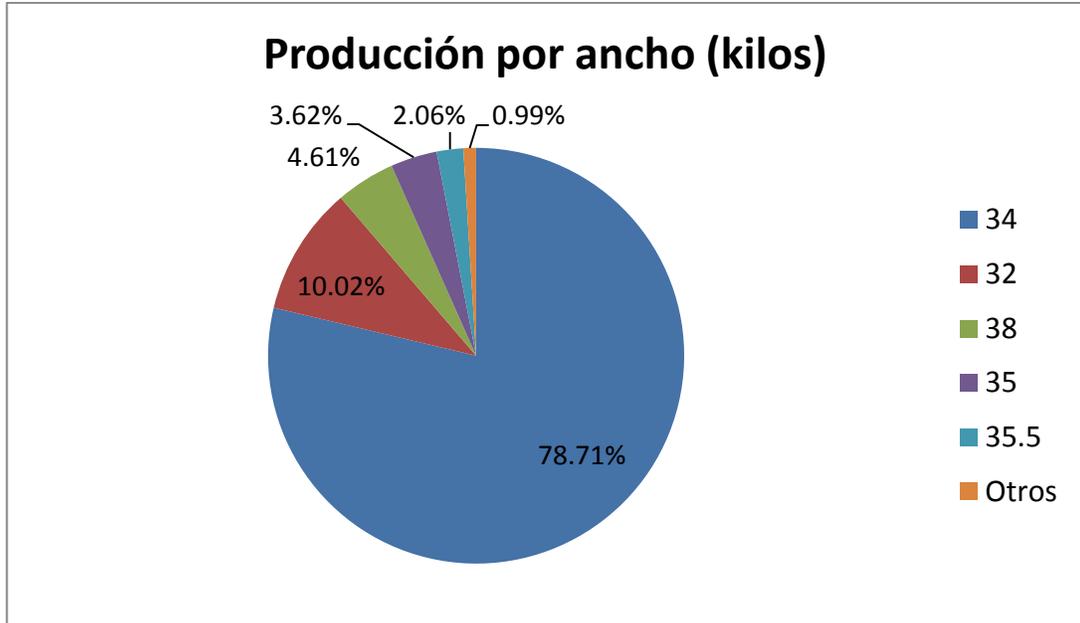
Gráfico 50 - Histograma de la producción mensual por maquina.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

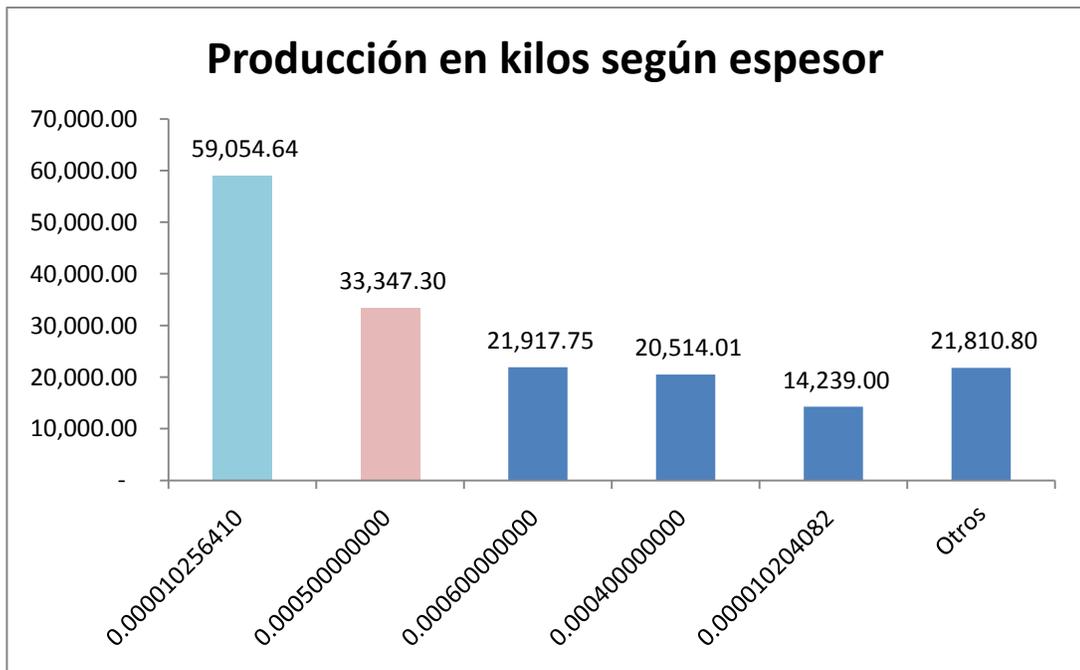
Otros datos interesantes van al momento de considerar las medidas de ancho y espesor que se producen. Podemos observar que en el caso del ancho (pulgadas) las medidas más producidas son 34 con 134,504.02 kilos y 32 con 17,119.08. En lo que respecta al espesor se observa que las medidas más producidas son 0.000010256410 con 59,054.64 kilos, el 0.0005 con 33,347.30 kilos y 0.0006 con 21,917.75 kilos.

Gráfico 51 - Producción según el ancho de las fundas.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

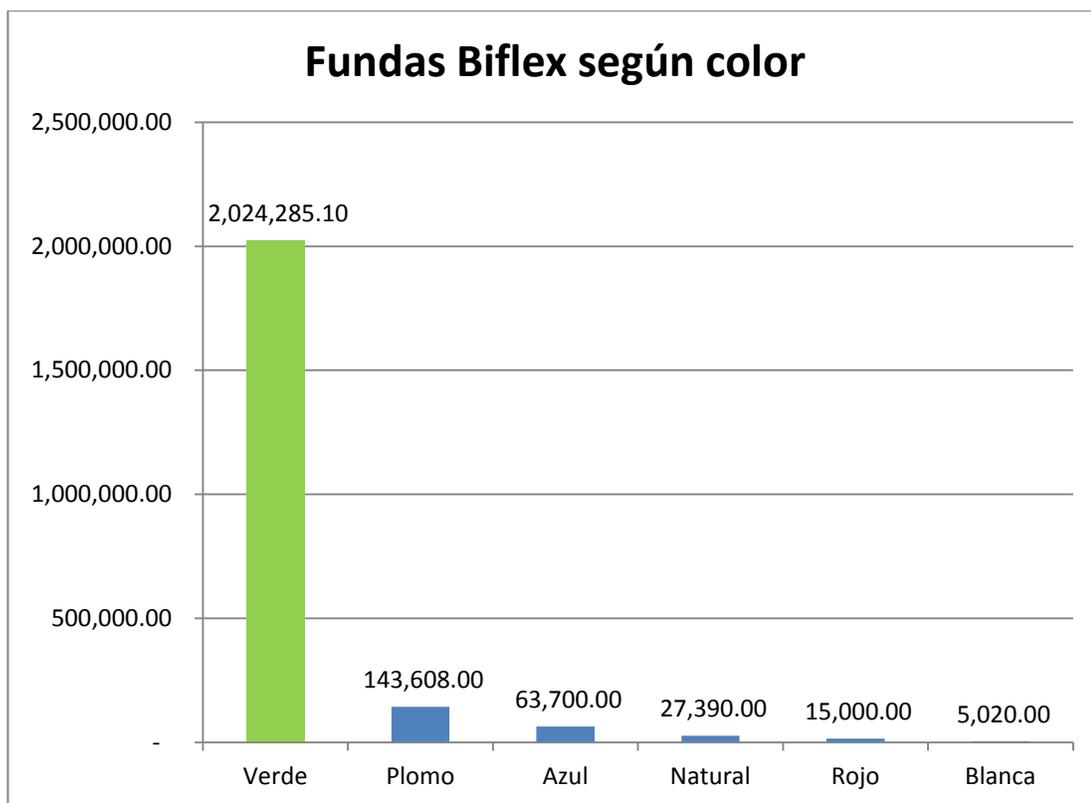
Gráfico 52 - Producción en kilos según espesor de la funda.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

En el proceso de corte y sellado en cambio tomo como muestra el mes de Noviembre/2014 para evidenciar como es el desempeño de un mes. El total de fundas biflex producidas durante este mes fueron de 2,279,003. Dentro de esto el 88.82% pertenecen a funda de color verde y apenas el 6.30% a plomo siendo los colores más producidos en esta categoría. Los otros colores (Azul, Natural, Rojo y Blanca) apenas ocupan el 4.88% de la producción 111,110 fundas.

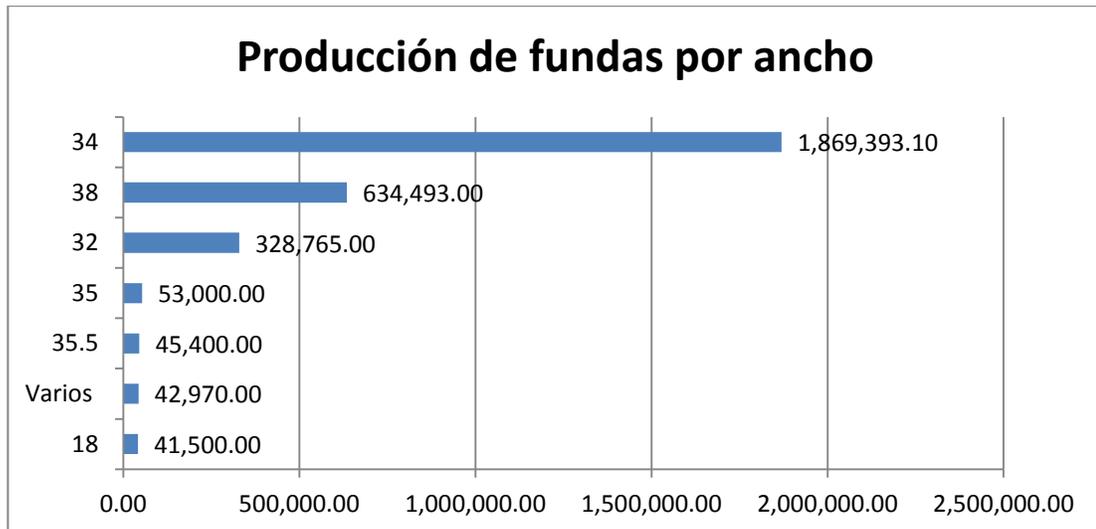
Gráfico 53 - Producción en proceso de Corte y Perforación de fundas biflex según color mas utilizado.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

También cuando se revisó las medidas más comunes de ancho se pudo constatar que era 34 pulgadas con una producción de 1,869,393 fundas producidas.

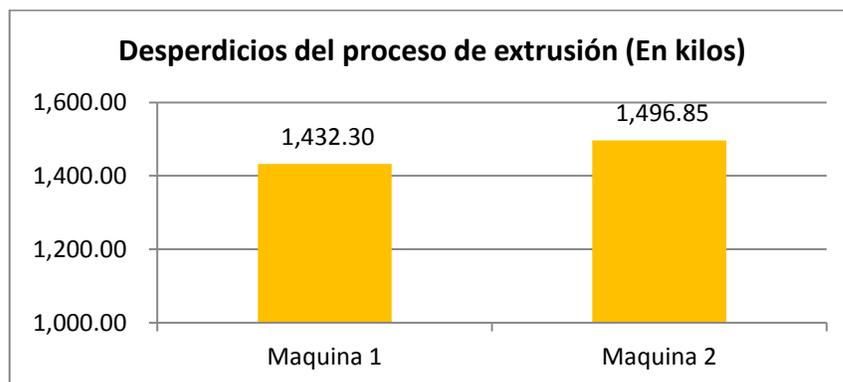
Gráfico 54 - Producción de fundas en corte y perforación según el ancho.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Los desperdicios generados en el proceso de extrusión durante los meses analizados (Septiembre, Octubre y Noviembre del 2014) alcanzan un total de 2,929.15 kilos. Si se analiza el desperdicio por maquina vemos que alcanza niveles muy similares que implican costos en materia prima, mano de obra, repuestos, electricidad, entre otros.

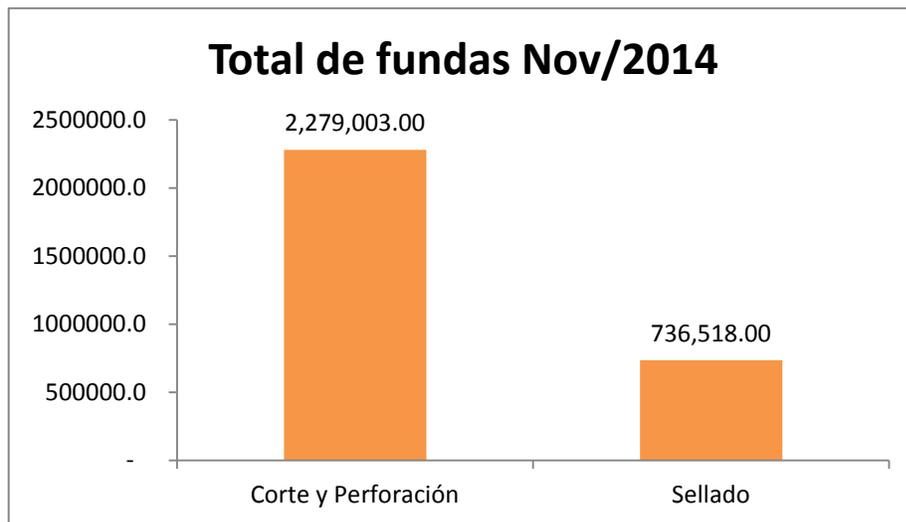
Gráfico 55 - Desperdicios en kilos por maquinas extrusoras



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

En el caso del proceso de sellado se alcanzó un total de 736,518 fundas al vacío o protectores. La relación con el total de fundas biflex producidas es de 3.094. Esto demuestra que cualquier proyecto de mejora debe ser enfocado a la mejora en la producción de fundas biflex para obtener mejores beneficios.

Gráfico 56 - Comparación de fundas según el proceso final.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

También podemos comparar el promedio y desviación estándar de las producciones diarias de cada proceso y obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 19 - Estadística descriptiva de la producción diaria de los procesos de Corte y Perforación y Sellado.

Estadística Descriptivas	Corte y Perforación	Sellado
Unidad = fundas		
Promedio	91,703.88	30,688.25
Jornadas	25	24
Desviación Estándar	30,434.79	12,609.06
Coefficiente de variación	0.33	0.41

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

4) CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA SIX SIGMA Y PROYECTO DMAIC

En el capítulo anterior se desarrolló el diagnóstico general de la empresa RABESA INDUSTRIAS PLÁSTICAS donde se pudo identificar varios aspectos importantes sobre el giro del negocio y cuáles son los procesos involucrados dentro de su flujo de producción. Entonces ahora que se tiene una imagen más clara del área de producción se va a desarrollar un proyecto DMAIC⁸ con base a conceptos y herramientas Six Sigma.

Como primer paso para empezar el proyecto Six Sigma se va a conformar un equipo de trabajo que va a ser el responsable de que se cumplan todos los objetivos planteados en este proyecto y que generen la mejora en el proceso seleccionado. Para esto, nos reunimos con la Gerencia de la empresa RABESA INDUSTRIAS PLÁSTICAS y después de hacer un análisis del perfil del personal, se determinó que el equipo Six Sigma se iba a conformar por las siguientes personas:

Tabla 20 - Integrantes del Equipo Six Sigma para el proyecto de mejora en RABE S.A.

Nombre	Cargo
Ricardo Xavier Tama Vélez	Asesor Comercial
Héctor Alberto Ponce Macías	Jefe de Planta
Mayra Karina Peñafiel Herrera	Contadora
Giorgio André Constantine Yépez	Asesor Externo

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

⁸ Metodología DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Del término en inglés Improve) y Controlar

Una vez que se selecciono el personal con el mejor perfil para poder identificar las áreas de oportunidad y acciones a aplicar dentro del proyecto Six Sigma se procede a realizar una capacitación a nivel de White Belt Six Sigma a los integrantes para que conozcan la metodología y las herramientas que van a necesitar para poder llevar a cabo el proyecto. A continuación se presenta el temario de los temas dictados en el curso y la evidencia fotográfica del mismo:

TEMARIO DEL CURSO WHITE BELT SIX SIGMA

- Que es Six Sigma
- Origen y Evolución de Six Sigma
- Beneficios de Six Sigma
- Enfoques de Six Sigma
- Porque y como implementar Six Sigma
- Casos de Éxito de aplicación Six Sigma en Ecuador
- Conceptos fundamentales complementarios de Six Sigma
- Metodología de Proyecto DMAIC
- Las 7 herramientas básicas de Six Sigma
- Sinergia entre DMAIC y herramientas Six Sigma

Gráfico 57 - Foto del taller Six Sigma realizado a Equipo Six Sigma de RABE S.A.



Tomada por: El autor.

Durante la realización del taller Six Sigma pude evidenciar el ánimo e interés de parte de los integrantes. Ellos fueron mencionando oportunidades de mejora que observaban en sus procesos y destacaron la necesidad de tener una base de datos digital que les permita visualizar. Una vez que ya tenemos al equipo Six Sigma capacitado podemos iniciar con el desarrollo del proyecto usando el modelo DMAIC y las herramientas aprendidas en el curso dictado.

El proyecto Six Sigma que se va a desarrollar a continuación servirá como ejemplo de la metodología que se debe aplicar en la empresa RABE S.A. para encontrar oportunidades de mejora y gestionarlas usando las herramientas aprendidas. Por esta razón se procedió a seleccionar un problema de acuerdo al plazo que había para entregar este proyecto de titulación y cuyo plan de acción sea fácil de establecer mediante la metodología DMAIC.

4.1) Antecedentes del proyecto

Primero debemos de introducir a la empresa para conocer en términos muy generales a que se dedica la organización y cuáles son las posibles áreas de oportunidad que se podrían abordar con un proyecto Six Sigma.

Considera que en el capítulo 3 de este documento se desarrollo el diagnostico completo de la compañía vamos

4.1.1) Giro de la organización

La empresa RABE S.A. es una compañía que se dedica a la producción de fundas plástica para banano. Es una empresa mediana que posee una fabrica con 4 maquinas extrusoras, 3 selladoras, 2 maquinas de corte y 2 maquinas perforadoras. Esta infraestructura le ha permitido crecer y mantenerse desde sus inicios en el 2001 llegando a utilizar prácticamente el 100% de su capacidad instalada.

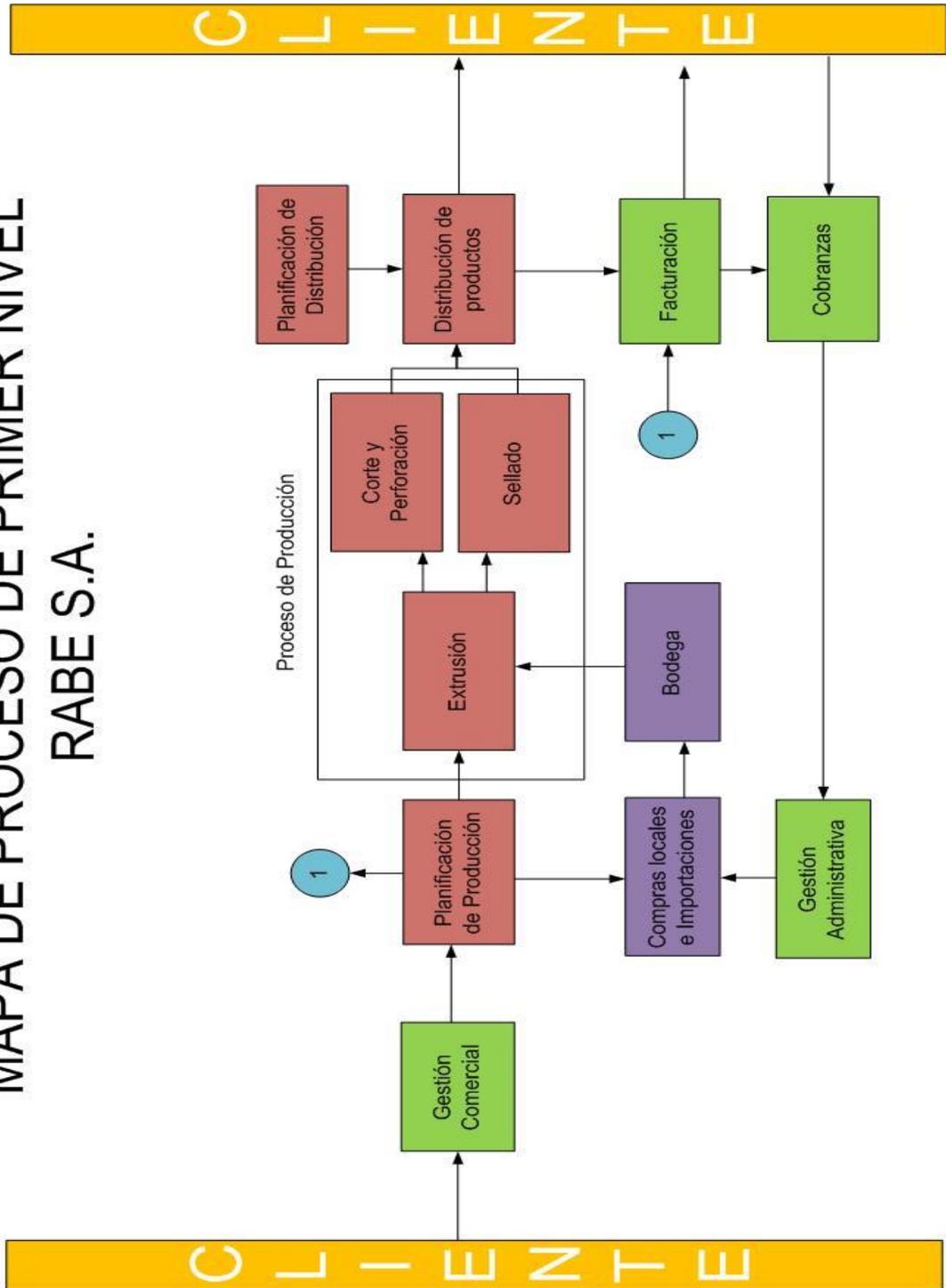
4.1.2) Mapa de primer nivel

Para poder visualizar mejor los procesos de la empresa y definir el área de oportunidad que se va abordar, se diagramo un Mapa de primer nivel general y un Mapa de procesos de producción.

En estos mapas podemos encontrar todos los procesos que intervienen desde que inicia el pedido del cliente hasta que se entrega el producto plástico final al destino que el cliente elija.

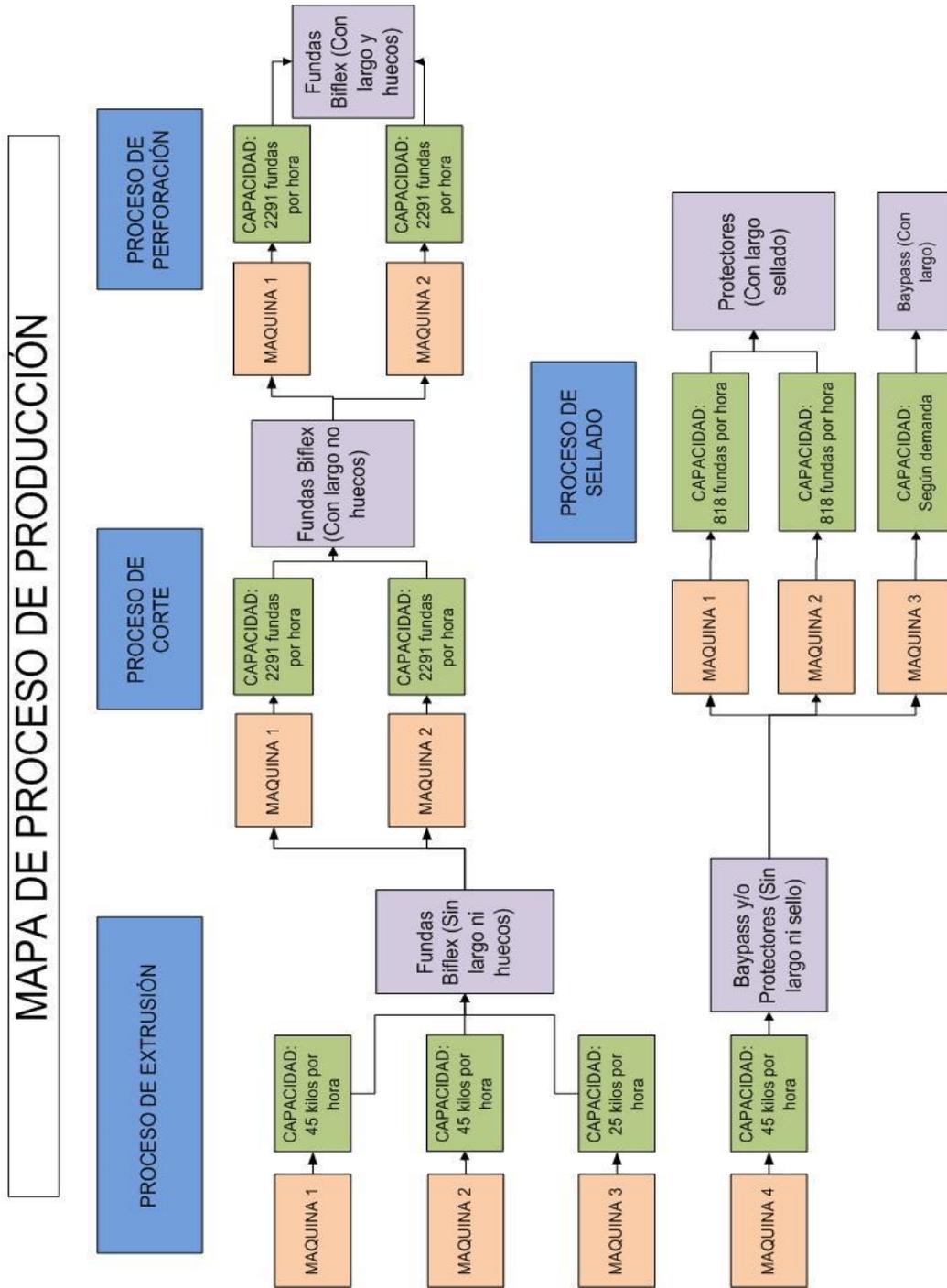
Gráfico 58 - Mapa de proceso de primer nivel de RABE S.A.

MAPA DE PROCESO DE PRIMER NIVEL
RABE S.A.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Gráfico 59 - Mapa de proceso de producción.



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Así se llegó a determinar que la ruta crítica del proceso general de la empresa donde se debería generar la mejora en el proyecto sería la siguiente:

1. Gestión Comercial
2. Planificación de la Producción
3. Proceso de Extrusión
4. Proceso de Corte y Perforación/Sellado
5. Distribución de productos

Ya que identificamos la ruta crítica, debemos de seleccionar un proceso sobre el cual podríamos generar la mejora. Debido a que a la Gerencia de RABE S.A. le interesa mejorar el área de producción por ser la que influye directamente en el resultado de la empresa, se deberá elegir entre el punto 3 o el 4 de los procesos previamente mencionados.

Para esto se realizó un mapa de proceso del área de producción, donde se puede observar las máquinas que intervienen en cada proceso, los productos que elaboran y sus capacidades estimadas⁹.

4.1.3) Indicadores claves y nivel de cumplimiento

Actualmente RABE S.A. no cuenta con un sistema de indicadores establecidos por la gerencia ni tampoco con un sistema de análisis de datos que nos permita identificar fácilmente cuáles son las áreas de oportunidad en los diferentes procesos de la empresa. Por esta razón se conversó con la gerencia para realizar un levantamiento de información del área de producción (información que se encontraba en registros físicos) y crear una base de datos digital que nos permita visualizar la situación actual.

⁹ Capacidades promedio de producción según la Gerencia de RABE S.A.

Debido a la gran cantidad de información que se necesitaba digitalizar se contrató a una digitalizador y se seleccionó una muestra del proceso de extrusión y otra del proceso de corte y perforación/sellado.

Tabla 21 - Parametros que se consideraron para levantamiento de información.

Proceso	Meses a considerar	Maquinas
Extrusión	Sept./Oct./Nov. 2014	Maquina 1 y 2
Corte y Perforación	Nov./2014	Todas
Sellado	Nov./2014	Todas

Fuente: El autor. Elaborador por: El autor.

4.1.4) Áreas de oportunidad

Una vez que analizamos la situación actual de la empresa en el capítulo 3 de este documento, se pudo identificar cuáles son las áreas de oportunidad que tiene la empresa y por donde se puede abordar el proyecto de mejora. A continuación brindamos mayor detalle de los posibles proyectos evidenciados en mi observación:

1. Se necesita una mayor capacidad de producción de las maquinas extrusoras. La brecha entre la capacidad de producción y la demanda se está cerrando y en ocasiones la demanda es superior. Esto obliga a la empresa a incurrir en costos adicionales como horas extras para poder cubrir la demanda, y en ocasiones sacrificar ciertos pedidos.
2. La Maquina Extrusora 3 produce alrededor de 20 kilos menos que la maquina 1 y 2. Se está comprando una maquina nueva que sustituya a esta máquina y se aspira que esté operando para abril/2015.

3. Se necesita una revisión de la estrategia de la empresa. Como parte de esto se necesita replantear los objetivos estratégicos de la compañía aplicando el concepto de objetivo SMART (Específico, Medible, Alcanzable, Relevante y Tiempo) debido a que algunos objetivos se han planteado como políticas.
4. En el organigrama se observa una falta de delegación de tareas. Hay una sobrecarga de responsabilidades para la Gerencia General y la Presidencia Ejecutiva. Al ser una empresa familiar no existen mayores niveles intermedio (Gerencias, Jefaturas, Coordinadores, etc.).
5. No existen indicadores de gestión para los procesos y actividades que se desarrollan en la empresa, por ende no se controlan de forma eficiente, ni se puede soportar de forma objetiva el estado de los procesos en la actualidad
6. No se realizan análisis de datos de los registros de la operación. Los registros se llevan en físico, lo que dificulta su análisis.
7. La planificación de la producción se realiza de forma no sistematizada y es muy subjetiva. No se utilizan el análisis de datos para realizar una planificación eficiente.
8. Existe un menor rendimiento de kilos producidos en el turno 1 (571.78 kilos por turno) en relación al turno 2 (609.04 kilos por turno) en promedio.
9. Según el periodo analizado, el proceso de extrusión genera 2,929.15 kilos de desperdicios por trimestre en las maquinas extrusoras 1 y 2.
10. Falta de automatización en procesos de corte y perforación.
11. Complicaciones en la distribución de productos al solo tener dos camiones para distribuir las ordenes.
12. Problemas en la facturación por no tener un sistema que maneje de forma eficiente los pedidos y precios correspondientes.

13. La bodega en ocasiones está al tope y se debe alquilar bodegaje en el puerto para la materia prima.
14. Una maquina de corte se encuentra dañada y solo se utiliza una máquina perforadora.
15. Existen tres maquinas de sellado pero no se explotan al 100% por las bajas ventas de protectores y fundas al vacio (24.42% de la producción total en fundas).
16. Existen desperdicios de tiempo por cambio de medidas, suministros y encendido de maquinas.
17. Desperdicio en el proceso de perforación de las fundas plásticas.

4.1.5) Problema seleccionado y justificación

Una vez que hemos identificado todas las oportunidades de mejora debemos de seleccionar cual se abordara dentro de nuestro proyecto Six Sigma. Para esto vamos a considerar varios requerimientos.

El primero es que sea el proyecto tenga variables numéricas y de fácil medición. El segundo es que traiga beneficios económicos para la organización a través del ahorro en la estructura de costos/gastos o que genere mayores beneficios. El tercero es que se pueda realizar la etapa de definición, medición y análisis dentro del tiempo estipulado por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil para entregar el proyecto de titulación. El último es que la mejora se produzca dentro del área de producción según los intereses de la empresa RABE S.A.

Empezamos analizando en cual proceso de producción vamos a enfocarnos. Entre los cuatro procesos claves que intervienen en producción se determina

que el proceso de extrusión es el punto de partida y el corazón del resto, ya que los productos que genera son las entradas que alimentan los otros tres procesos. Por esta razón tiene un mayor nivel de criticidad ya que cualquier beneficio o defecto que se genere en este punto afecta a los otros tres procesos.

Se procedió a realizar una análisis a fondo del comportamiento de producción del proceso de extrusión y según los meses y maquinas analizadas se están generando 2,929.15 kilos de desperdicio. Con este dato se puede estimar que en las cuatro maquinas se generan aproximadamente 4,594.15 kilos de desperdicio por trimestre, es decir 18,376.60 Kilos de desperdicio al año.

Tabla 22 - Estimación de desperdicio generado por maquinas extrusoras anualmente

Kilos de desperdicio entre Sept. Y Nov. del 2014	
Maquina 1*	1,432.30
Maquina 2*	1,496.85
Maquina 3**	585.00
Maquina 4**	1,080.00
	4,594.15
	18,376.60

Kilos por trimestre
Kilos por año

* Datos Reales

** Datos Estimados

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

Por lo tanto se selecciona como oportunidad de mejora de este proyecto, la disminución de desperdicio generado en el proceso de extrusión.

4.1.6) Intención inicial del proyecto

Las intenciones iniciales del proyecto Six Sigma que se va a realizar son las siguientes:

- Disminución del desperdicio generado en el proceso de extrusión
- Que el personal de RABE S.A. se familiarice con los conceptos y principios de la metodología Six Sigma
- Conseguir un beneficio económico que beneficie a la empresa por ahorro en el proceso de extrusión.
- Instruir la necesidad de tener una base de datos digital que facilite el análisis de información y aporte a la toma de decisiones.
- Que el desarrollo de este proyecto permita que el personal de RABE S.A. aprenda la metodología DMAIC y aplique otros proyectos Six Sigma en el futuro.

4.2) DESARROLLO Y PRESENTACIÓN DE PROYECTO SIX SIGMA - EMPRESA RABE S.A.

Nombre del proyecto

“Propuesta de disminución del desperdicio generado en el proceso de extrusión”

Líder del proyecto

Ricardo Xavier Tama Vélez / Giorgio André Constantine Yépez

Miembros del equipo

Ricardo Xavier Tama Vélez (Líder)
Héctor Alberto Ponce Macías
Mayra Karina Peñafiel Herrera
Giorgio André Constantine Yépez (Co-líder)

Resumen del proyecto

El proyecto se centra en encontrar las causas en la generación de desperdicios en el proceso de extrusión de la empresa RABE S.A. utilizando algunas herramientas de la metodología Six Sigma que permitan identificar oportunidades de mejora en aspectos que van desde los operadores, la materia prima que se utiliza hasta la forma en que se procesa la información para tomar decisiones.

4.2.1) Fase de Definición

En esta fase se procedió a definir los campos de acción del proyecto Six Sigma, el producto y proceso al cual se le aplicara la mejora, el cliente que recibe los productos afectados, el alcance del proyecto, la planificación, objetivos del proyecto y otras puntos importantes.

Esta es la fase más crítica del proyecto Six Sigma porque si no se encuentra bien definida, el proyecto se puede desviar en el camino y no se podría conseguir los objetivos planteados.

¿Cuál es el nombre del producto afectado?

El producto a ser beneficiado por este proyecto serán los rollos de fundas plásticas biflex que se generan en el proceso de extrusión.

1.1) ¿Cuál es el proceso involucrado y quién es el cliente?

El proceso involucrado en este proyecto será el de Extrusión. A continuación se presenta el diagrama de flujo de proceso elaborado en conjunto con el Jefe de Planta para determinar las actividades que intervienen dentro de la elaboración de los rollos de fundas plásticas biflex.

Diagrama del proceso.

Tabla 23 - Diagrama de flujo del proceso de extrusión Parte 1

Resumen	# Actual
Operaciones	208
Transportes	22
Inspecciones	21
Demoras	125
Almacenamientos	30
Total	406

Producto / Subensamble:	Extrusión
Proceso:	Producción
Diagrama elaborado por:	Giorgio Constantine / Alberto Ponce
Hoja:	1 Fecha: 09/12/2014

Nomenclatura	
Simbolo	● ➡ ■ ◐ ▼
Significado	Operación Transporte Inspección Demora Almacén

#	Tiempo (en min)	Actividad					Descripción	Adicional valor		Responsable	Area	
		●	➡	■	◐	▼		Si	No			
1	2		X				El jefe de planta baja a la fabrica con la orden de producción final			X	Alberto Ponce	Producción
2	1		X				El jefe de planta se dirige a la bodega de materiales			X	Alberto Ponce	Producción
3	30					X	El jefe saca y distribuye los materiales a los operarios de cada maquina según la producción asignada			X	Alberto Ponce	Producción
4	5		X				El jefe se reúne con lo operarios de cada maquina para comunicar el cronograma de trabajo correspondiente			X	Alberto Ponce	Producción
5	30	X					Los operarios separan las medidas que requieren para iniciar la mezcla de los materiales		X		Operarios	Producción
6	90	X					Los operarios ubican los materiales en la mezcladora y arrancan la etapa de mezcla		X		Operarios	Producción
7	120						Los operarios comienzan a calentar la maquina a la temperatura correcta y la calibran según el requerimiento			X	Operarios	Producción
8	5		X				Los operarios trasladan la mezcla del punto de mezcla a la maquina			X	Operarios	Producción
9	1	X					Los operarios suministran a la maquina de la mezcla de materiales y arrancan la maquina		X		Operarios	Producción
10	5				X		Espera unos 5 minutos para estabilizar la maquina			X	Operarios	Producción
11	5			X			Al inicio del proceso se hace un control de calidad al inicio del rollo para medir las variables que esten correctas			X	Operarios	Producción
12	5	X					Si existe alguna variación en las medidas tomadas, los operarios realizan el ajuste correspondiente			X	Operarios	Producción

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

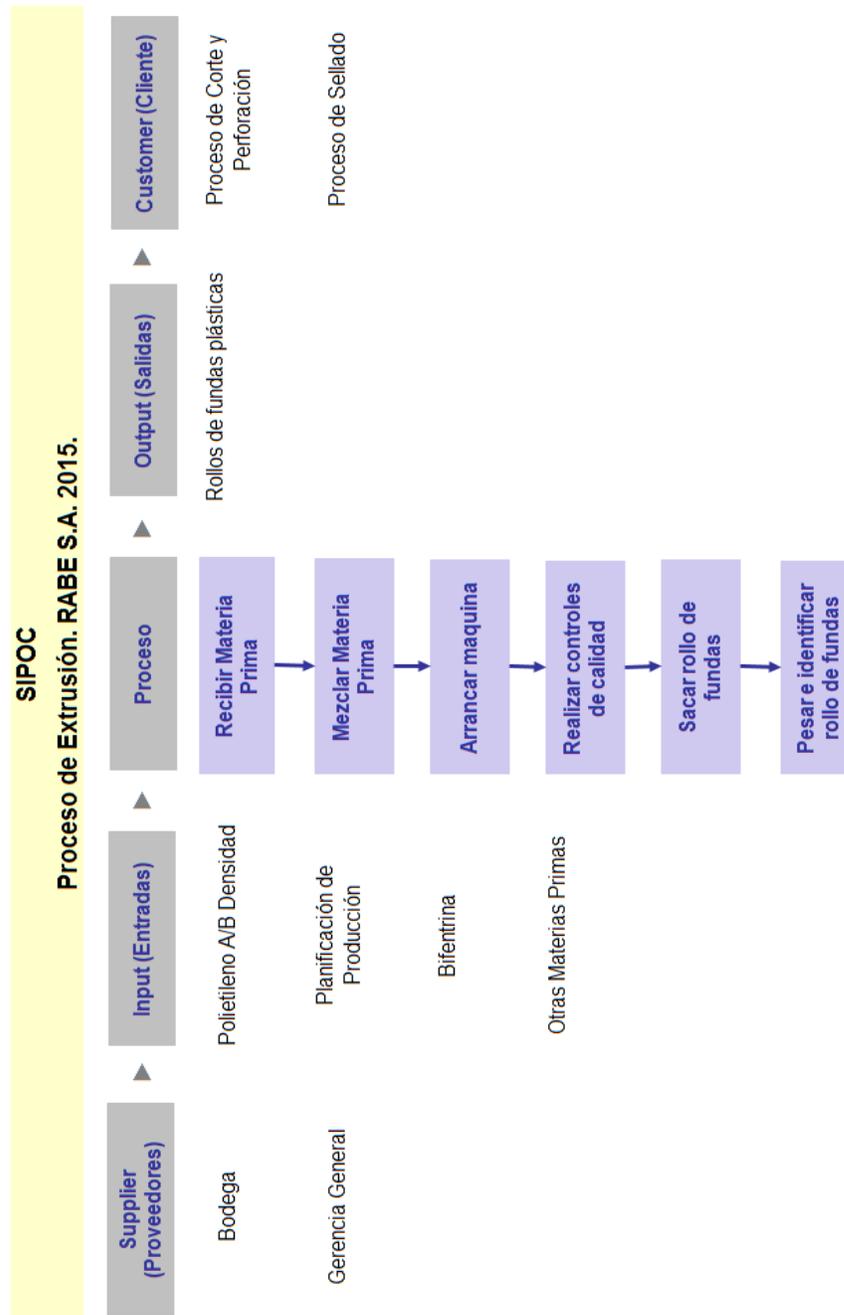
Tabla 24 - Diagrama de flujo del proceso de extrusión Parte 2

#	Tiempo (en min)	Actividad				Descripción	Adiciona valor		Responsable	Area
		●	➡	■	◐		Si	No		
13	10	X			▼	La maquina sigue elaborando las fundas plasticas con las variaciones realizadas	X		Operarios	Producción
14	5			X		Se hace otro control de calidad del rollo para medir las variables que esten correctas		X	Operarios	Producción
15	5	X				Si existe alguna variación en las medidas tomadas, los operarios realizan el ajuste correspondiente	X		Operarios	Producción
16	15	X				La maquina sigue elaborando las fundas plasticas hasta el segundo control de calidad	X		Operarios	Producción
17	5			X		En la mitad del proceso se hace otro control de calidad del rollo para medir las variables que esten correctas		X	Operarios	Producción
18	5	X				Si existe alguna variación en las medidas tomadas, los operarios realizan el ajuste correspondiente		X	Operarios	Producción
19	45	X				La maquina sigue elaborando las fundas plasticas hasta el tercer control de calidad	X		Operarios	Producción
20	5			X		Al final del proceso se hace otro control de calidad del rollo para medir las variables que esten correctas		X	Operarios	Producción
21	7		X			El operario retira la bobina y la traslada a un balanza		X	Operarios	Producción
22	1			X		El operario pesa la bobina		X	Operarios	Producción
23	1	X				El operario registra el peso en reporte de producción	X		Operarios	Producción
24	1	X				El operario le pone una identificación (Codigos medidas peso e iniciales de extrusor)	X		Operarios	Producción
25	2		X			El operario traslada la bobina a un area de transito o a la maquina del siguiente proceso		X	Operarios	Producción
						Fin de proceso				

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

El siguiente modelo de mapa SIPOC (Evans, 2008) es el que nos ayudara a entender los límites del proceso de extrusión:

Gráfico 60 - Mapa SIPOC del proceso de extrusión



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor

1.2) ¿Quién es el cliente?

En este caso los rollos de fundas plásticas biflex que se producen en el proceso de extrusión son los elementos de entrada de los procesos de corte/perforación y sellado. Por lo tanto estos procesos vendrían a ser los clientes internos que se beneficiarían con cualquier mejora provocada por este proyecto.

También hay que reconocer que existe un cliente externo, que es el más importante para la compañía y que cualquier cambio generado en este proyecto de mejora, no puede alterar el resultado esperado por el cliente externo.

1.3) ¿Cuáles son los requerimientos del cliente?

Para poder identificar más adelante las causas raíces y para determinar el plan de acción de mejora, hay que conocer cuáles son los requerimientos críticos que tiene nuestro cliente sobre el producto afectado. Conociendo lo que quiere el cliente, podremos enfocar nuestros esfuerzos en satisfacer estos requerimientos.

Para esto utilizamos la herramienta de las 8 dimensiones de Garvin el cual nos permitió identificar los requerimientos del cliente y categorizarlos según cada una de las dimensiones presentadas.

Tabla 25 - 8 Dimensiones de Garvin del producto rollo de fundas plásticas biflex.

Las 8 dimensiones de Garvin

Objetivo:	Disminución del desperdicio generado en el proceso de extrusión
Cliente:	Proceso de Corte/Perforación y Sellado
Producto:	Rollos de fundas plásticas biflex
Proveedor Interno	Proceso Extrusión

No.	Dimensión	Características requeridas (Voz del cliente)
1	Desempeño	Producción de rollos de fundas en las medidas correctas y en el tiempo estipulado.
2	Características Secundarias	Que los rollos tengan la impresión del nombre del cliente.
		Que los rollos estén en las bobinas correctas.
		Que los rollos vengan con su identificación correcta.
3	Confiabilidad	Que el total de kilos producidos permitan elaborar el número de fundas que pide el cliente.
4	Durabilidad	Que los rollos tengan la resistencia correcta.
5	Conformidad	Que los rollos tengan las medidas de ancho y espesor que pide el cliente.
6	Serviciabilidad	No aplica
7	Estética	El rollo este forrado con el protector en el lugar correcto.
8	Calidad Percibida	El proceso de extrusión genera una buena imagen.

Fuente: RABE S.A. 2015. Elaborado por: El autor.

1.4) ¿Cuál es el problema o de área de oportunidad?

El problema actual es el preocupante nivel de desperdicio (18,376.60 kilos de desperdicio anuales según la estimación realizada.) que se está generando en el proceso de extrusión y que implica costo de reproceso, materia prima, mano de obra, entre otros.

1.5) ¿Cuál es el objetivo del proyecto?

Disminuir los desperdicios generados mensualmente de 1,531.38 kilos a 765.69 kilos, lo que significaría una disminución del 50% anual. De esta forma se produciría 9,188.30 kilos menos de desperdicio lo que causaría un ahorro de \$21,981.29 anuales.

1.6 Alcance del proyecto

¿Cuáles son las fronteras del proyecto?

Se trabajo sobre el resultado de las maquinas 1 y 2 del proceso de extrusión. Los resultados obtenidos basados en estas maquinas podrán ser replicados en las maquinas 3 y 4 por tener el mismo funcionamiento.

¿Qué queda fuera del alcance?

Queda fuera del alcance las maquinas de los otros procesos productivos de RABE S.A.

¿Qué recursos están disponibles para el proyecto?

Tabla 26 - Recursos disponibles para el proyecto

Nombre	Nivel de Participación	Horas dedicadas al proyecto
Ricardo Xavier Tama Vélez	Integrante –Líder	24 horas (2 horas x semana)
Héctor Alberto Ponce Macías	Integrante	24 horas (2 horas x semana)
Mayra Karina Peñafiel Herrera	Integrante	24 horas (2 horas x semana)
Giorgio Constantine Yépez	André Integrante-Colíder	252 horas (21 horas x semana)

Fuente: El autor. Elaborado por: El autor.

¿Quién aprobará los recursos?

Cualquier recurso adicional que se necesite como materiales, suministros u otros será aprobado por la Gerencia General de RABE S.A.

¿Cuáles son los obstáculos y restricciones del proyecto?

- Dificultad del asesor externo de movilizarse a la empresa RABE S.A.
- Asignación de otras tareas hacia los integrantes del equipo que cambien sus prioridades
- No se podrá realizar inversiones muy grandes en las maquinas para que la mejora del proyecto sea rentable.

- Cambio en la cultura y forma de trabajar de los empleados de RABE S.A. podría desacelerar el ritmo en la implementación del proyecto
- Falta de información digital que facilite el análisis de los datos.

¿Cuál es el tiempo que los miembros del equipo le dedicarán al proyecto?

Basados en el cronograma de trabajo que se ha planificado para este proyecto, el personal de RABE S.A. dedico 2 horas semanales a partir del 17 de Noviembre del 2014 hasta el 6 de febrero del 2015 para levantar información y trabajar en los diferentes puntos del proyecto. El asesor externo y colíder dedico 21 horas semanales al proyecto consolidando la información levantada y asesorando al equipo en las tareas que se deben de realizar.

¿Qué pasará con el trabajo que debe realizar cada miembro del equipo, mientras esté dedicado al proyecto?

Se seguirá con las actividades diarias sin afectar a las actividades de la empresa. El asesor externo y colíder trabajo fuera de horarios de oficina para avanzar en el proyecto.

¿Cuál es el cronograma tentativo del proyecto?

El proyecto de mejora constara de dos etapas. La primera etapa es la de definición del proyecto, medición y levantamiento de información y análisis de la información que servirá para bosquejar un plan de acción de mejora. Esta etapa tendrá una duración aproximada de 3 meses.

La segunda etapa será la de implementación del proyecto y definición de mecanismos de control. Esta etapa será total responsabilidad de la empresa RABE S.A. posterior a la entrega del plan de acción de mejora.

La planificación de la primera etapa será la siguiente:

Tabla 27 - Planificación de la primera etapa del proyecto

Fase del proyecto	Fecha Inicio	Fecha de fin
Fase de Definir	17 / Noviembre / 2014	28 / Noviembre / 2014
Fase de Medición	01 / Diciembre / 2014	16 / Enero / 2015
Fase de Analisis	19 / Enero / 2015	06 / Febrero / 2015

Fuente: El autor. Elaborado por: El autor.

¿Quién será el patrocinador o tutor interno del proyecto?

Los patrocinadores del proyecto serán el Arq. Mauro Iván Tama Mendoza (Presidencia) y la Ing. Graciela Elizabeth Vélez Erazo (Gerencia General).

¿Qué relevancia tiene el proyecto para la organización?

¿Por qué solamente este proyecto?

Este proyecto se considera el punto de partida para la implementación de la cultura Six Sigma en RABE S.A. Se eligió esta oportunidad de mejora por tener datos cuantificables, por llevar registros físicos de las posibles causas y por ser un proyecto manejable para el tiempo de plazo estipulado.

¿Qué objetivos de la organización se verán impactados por el proyecto?

Entre los objetivos que mencionamos en el capítulo 3 podemos alinear a este proyecto los siguientes:

- Actualización constante sobre las innovaciones que en el tema de máquinas y materias primas se van dando en el sector plástico.
- Capacitación y motivación al personal de planta, administración y ventas para que puedan desarrollar un trabajo con responsabilidad y entusiasmo.

A pesar de no estar definido formalmente, la Gerencia plantea como objetivo el disminuir la estructura de costo y gasto de la empresa para así poder obtener un mejor beneficio sobre las actividades.

¿Cuáles son las consecuencias de no realizar este proyecto?

En el caso de no realizar este proyecto se mantendría incrementando los niveles de desperdicio generado en el proceso de extrusión y podrían incrementarse en un 20% y 40%¹⁰.

1.7) ¿Cuáles son los beneficios iniciales del proyecto?

- Disminuir los desperdicios generados anualmente de 18,376.60 kilos de a 9,188.30 kilos en el proceso de extrusión.
- Capacitar un equipo de trabajo en los principios y conceptos de la metodología Six Sigma.

¹⁰ Según estimaciones realizadas con la Gerencia General de RABE S.A por adquisición de nueva maquina

- Crear una base de datos digital basada en los registros físicos actuales, que faciliten el análisis de datos y la toma de decisiones.
- Encontrar todas las causas en la generación de desperdicio del proceso de extrusión.
- Ahorro del proyecto por la disminución del desperdicio valorizado en \$21,981.29 anuales.

4.2.2) Fase de Medición

2.1) Indique las variables críticas para el cliente (CTQ's) en el diagrama de proceso y defínalas operacionalmente.

Una vez que ya se definió los parámetros generales y los objetivos del proyecto, se procedió a determinar cuáles son las variables críticas que debemos analizar para identificar el comportamiento y las causas del problema.

CTQ: Total de Kilos de desperdicio generados en las maquinas extrusoras

Para encontrar más fácilmente las causas se determino que las variables complementarias que nos ayudaran serán las siguientes:

- Desechos por operador
- Desechos por mes
- Desechos por maquina
- Desechos por turno

2.2) Fuentes de datos.

A continuación nombramos las fuentes de datos y el tipo de procesamiento que requieren para cuantificar el CTQ objeto de este proyecto:

- Información y detalle de producción del proceso de extrusión obtenida de los registros físicos de RABE S.A.
- Con esta información se determinara los niveles de desperdicio general, el desperdicio por operador, por mes, por maquina y por turno.

- Para nuestro caso se estratificara los datos de la siguiente forma:
- Periodo: Septiembre 2014 a Noviembre 2014
- Maquinas extrusoras: Maquina 1 y 2
- Proceso: Extrusión

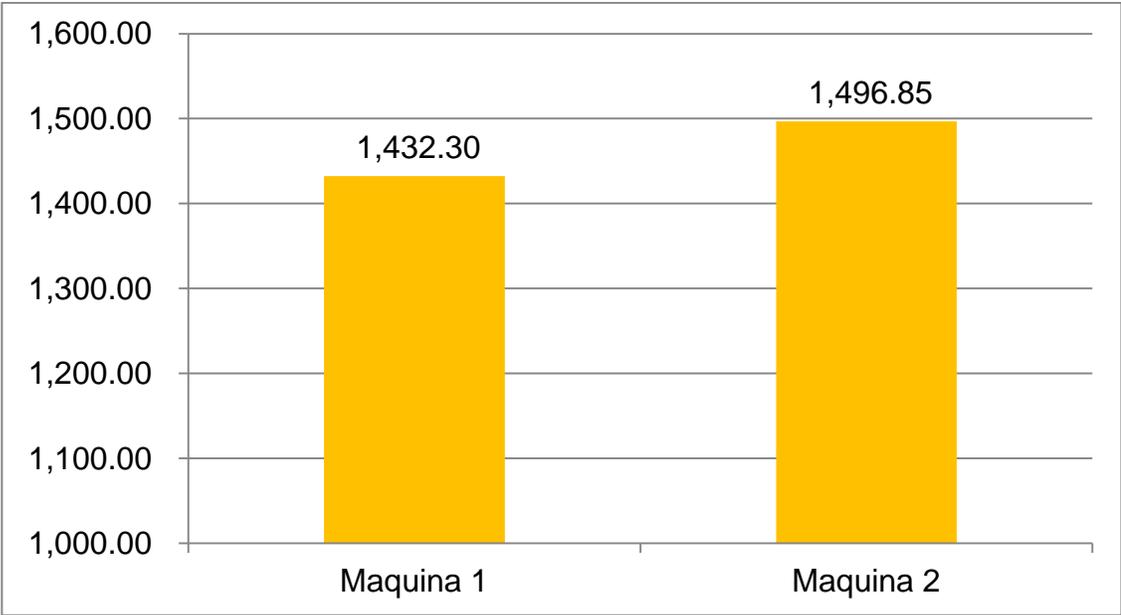
2.3) Captura.

Para obtener la información necesaria para el proyecto y la cuantificación de los CTQ's, se procedió a prestar las carpetas con los registros físicos del proceso de extrusión de los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre del 2014 y se contrato a una persona para nos ayude a digitalizando los registros en base a toda la información que se podía necesitar. Debido a que digitalizar los registros de todas las maquinas tomaba mucho tiempo, se decidió solamente considerar las maquinas 1 y 2 por ser las que producen fundas biflex (Producto más vendido por RABE S.A.).

La base de datos se la armo considerando los datos generales de cada producción por turno, materiales utilizados, desperdicio causado, el detalle de la producción, medidas de ancho y espesor y número de rollos de fundas plásticas producidas.

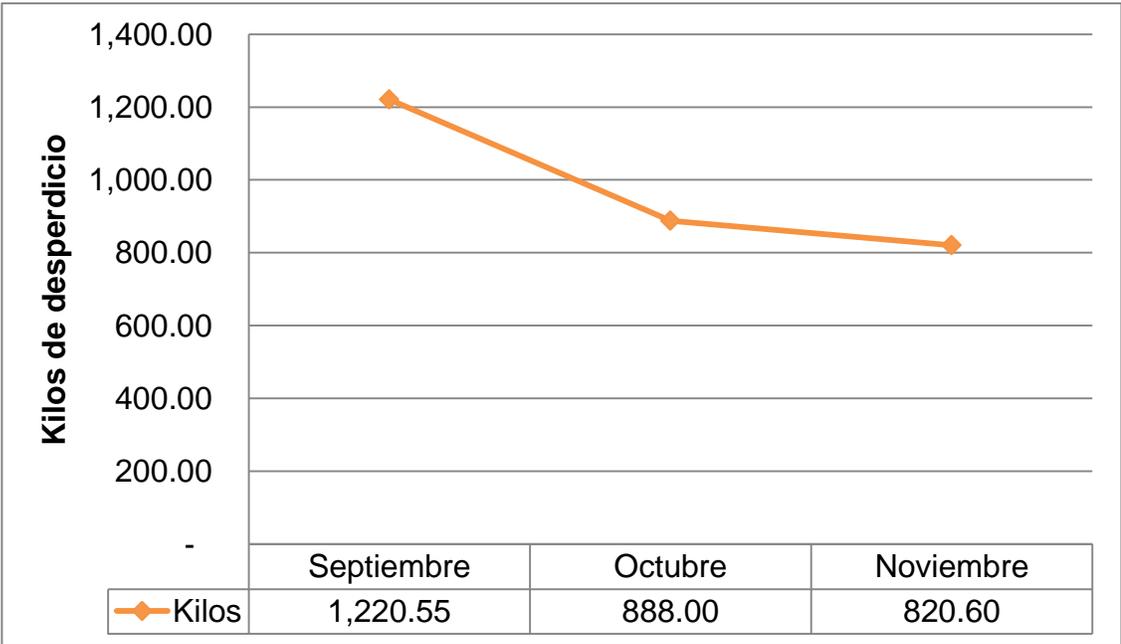
Toda la base de datos digitalizada se la podrá encontrar en el CD adjunto a este documento o en el siguiente link: [Base de datos](#). A continuación se presenta los gráficos resumen de las variables más relevantes para el análisis de los desperdicios generados:

Gráfico 61 - Desperdicio del proceso de extrusión por maquina (En kilos)



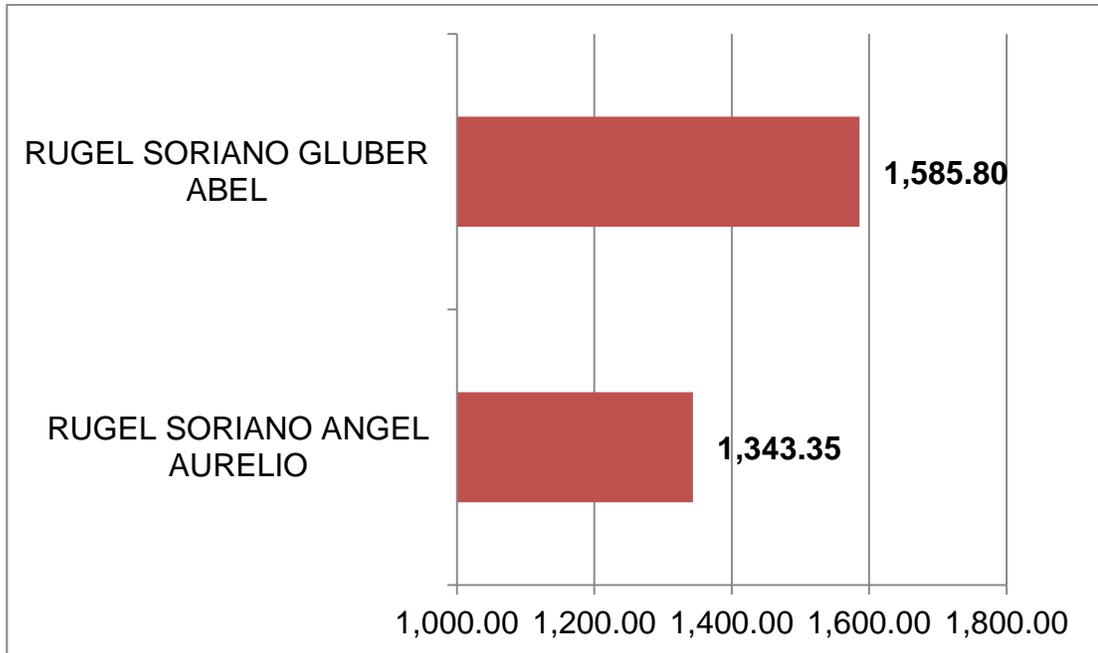
Fuente: RABE S.A. 2015. Elaborado por: El autor.

Gráfico 62 - Desperdicio del proceso de extrusión por mes (En kilos)



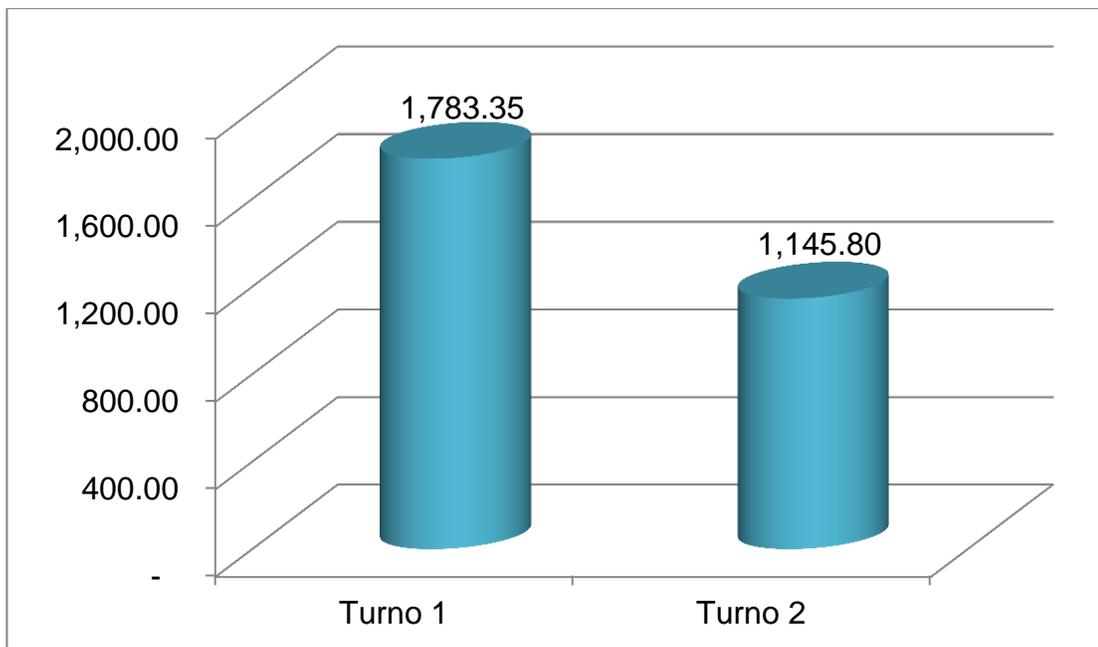
Fuente: RABE S.A. 2015. Elaborado por: El autor.

Gráfico 63 - Desperdicio del proceso de extrusión por operador (En kilos)



Fuente: RABE S.A. 2015. Elaborado por: El autor.

Gráfico 64 - Desperdicio generado por turno (En kilos)



Fuente: RABE S.A. 2015. Elaborado por: El autor.

2.4) Línea base para cada variable.

A partir de la información detallada en el inciso anterior se determino que la línea base de nuestro proyecto es:

- **Kilos de desperdicios generados en el trimestre analizado en la maquina 1 y 2: 2,929.15 kilos**

4.2.3) Fase de Análisis

3.1) Identificación de las variables críticas (x's para cada Y).

El análisis de los datos según la metodología Six Sigma empieza definiendo la variable dependiente o problema abordado (Y) y determinar todas las variables independientes que puedan causar el problema (X's).

Y= Alto nivel de desperdicios generados en el proceso de extrusión

X= Causas del alto nivel de desperdicios generados en el proceso de extrusión

Para poder identificar las variables independientes se reunió el equipo Six Sigma y se realizó una lluvia de ideas utilizando las categorías del diagrama de Ishikawa (Las 7 M). De esta manera se pudo determinar cuáles son las POSIBLES CAUSAS DEL PROBLEMA.

En la categoría de mano de obra se ubico todas las causas generadas por el personal que opera las maquinas. En materiales se ubico cualquier causa generada por los repuestos que se utilizan y sus efectos en la producción. En Maquinarias se ubico todas las causas que generan las maquinas que se utilizan, su calibración, la operación, mantenimiento, etc. En Métodos las causas que se provoquen por una mala definición o cumplimiento del proceso. En medición van todas las causas que son provocadas por la ausencia de control del proceso y falta de análisis de datos. En Management cualquier causa que se genere por la administración o supervisión de superiores. Finalmente en Medio Ambiente se ubico cualquier causa generada por el entorno donde se desarrolla la operación.

Tabla 28 – Lluvia de ideas sobre posibles causas del problema abordado

CATEGORÍA	CAUSAS		
Mano de Obra	Falta de experiencia	Cambio de medidas	Falta de profesionalidad
Materiales	Mala calidad de reprocesado	Cambio de cireles y tinta en impresoras	
Maquinarias	Arranque de maquina	Falta de plan de Mantenimiento	Limpieza de boquilla
Método	Proceso no conocido		
Medición	Falta de análisis de data		
Management			
Medio Ambiente	En invierno hay salpique de agua		

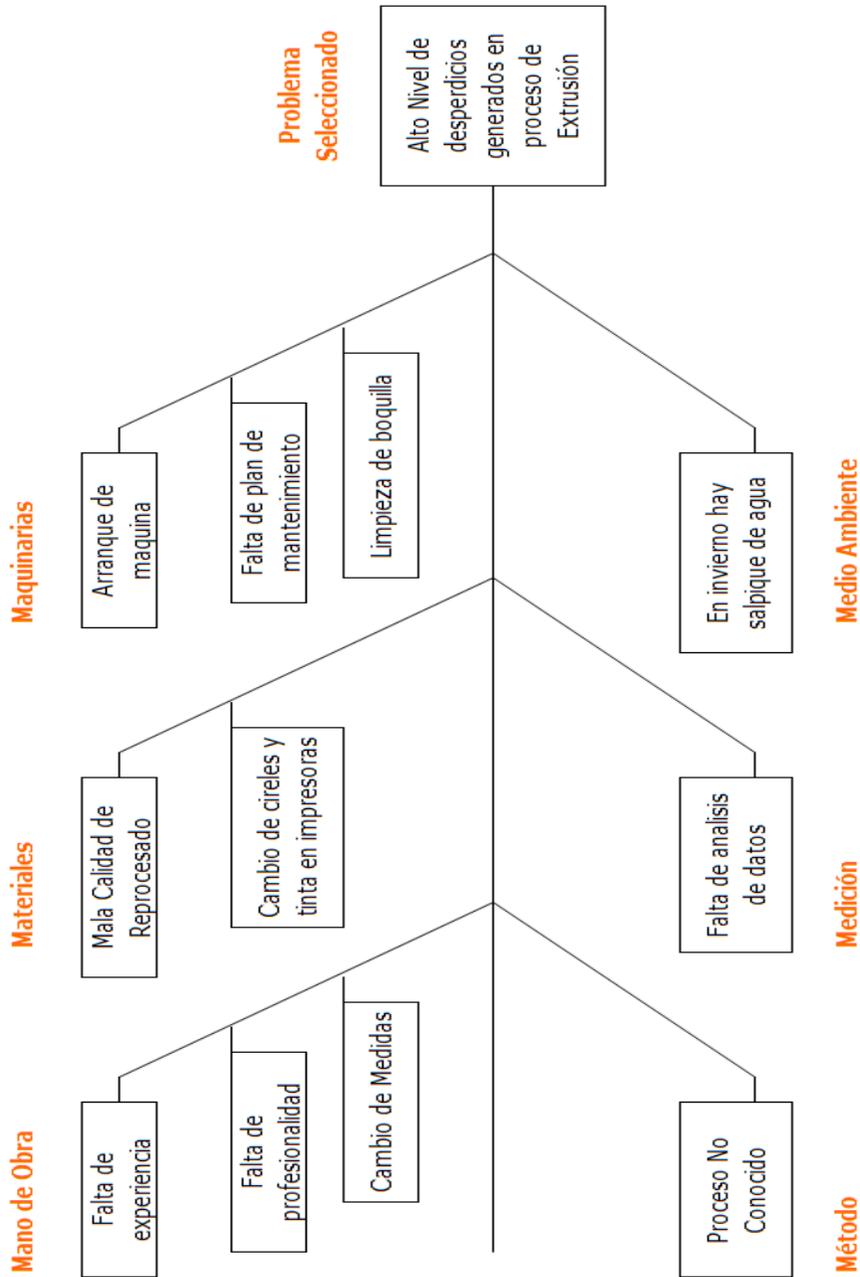
Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

3.2) Mapeo / Diagrama causa – efecto

Una vez que se identificó las posibles causas en cada una de las categorías se procedió a plasmarlos en el diagrama de Ishikawa o diagrama de causa-efecto para poder analizarlas una por una y determinar cuáles son las causas principales que podrían estar generando el alto nivel de desperdicio en el proceso de extrusión.

A continuación se presenta el gráfico mencionado:

Gráfico 65 - Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto para la Generación de desperdicios



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

3.3) Selección de las causas principales

Una vez que ya se identificaron las causas en el diagrama de Ishikawa, se fue validando una por una las causas mediante evidencia en los procesos involucrados de la empresa.

Categoría: Mano de Obra

Causa #1: Falta de experiencia

Causa Principal: NO

Evidencia: Se procedió a solicitar la hoja de vida de los operadores Rugel Soriano Gluber Abel y Rugel Soriano Ángel Aurelio y se verifico que ambos operarios tienen experiencia superior a los 6 meses de haber trabajado en empresas plásticas y de haber operado maquinas extrusoras. El jefe de planta nos confirma que ellos han trabajado un buen tiempo en la empresa y que conocen muy bien las maquinas.

Categoría: Mano de Obra

Causa #2: Cambio de medidas

Causa Principal: SI

Evidencia: Se saco una estadística de los reportes de extrusión por turnos de los meses analizados y se verifico que el cambio de medidas en las maquinas es la tercera causa de generación de desperdicios con una frecuencia de 84 eventos durante los 3 meses. Al igual que cuando se debe hacer pruebas de calidad para verificar las medidas que se están trabajando en ese momento.

Categoría: Mano de Obra

Causa #3: Falta de profesionalidad

Causa Principal: NO

Evidencia: Se converso con el jefe de planta y nos informo que él puede evidenciar el compromiso de los operadores con sacar la producción adelante y destaco la responsabilidad de ellos al buscar las maneras de disminuir el desperdicio y aprovechar mejor los recursos.

Categoría: Materiales

Causa #4: Mala Calidad del Reprocesado

Causa Principal: SI

Evidencia: El presidente de RABE S.A., el arquitecto Mauro Tama, nos converso como han tenido algunos problemas con proveedores de reprocesado que les han vendido un material de mala calidad que ha causado desperdicio al momento de la extrusión. Cuando les llega el material verifican si apesta, si no está húmedo y el tono del reprocesado, si todo está bien toman una muestra y la prueban en sus maquinas para verificar como salen las fundas. La evidencia de que el material es de mala calidad serian cuando la funda sale más gruesa de un lado, si sale con pecas, si sale rayada o si produce problemas al arranque de la maquina.

Categoría: Materiales

Causa #5: Cambio de cireles y tinta en impresoras

Causa Principal: SI

Evidencia: Se saco una estadística de los reportes de extrusión por turnos de los meses analizados y pudimos constatar que el cambio de cirel en las impresoras de las maquinas extrusoras es la segunda causa de generación de desperdicios con una frecuencia de 123 eventos durante los tres meses. En el caso del cambio de tintas se detecto que había 50 eventos en el mismo periodo lo que la convertía en la cuarta causa de generación de desperdicio. El jefe de planta verifico esta información al explicarnos que al momento en que se cambia el cirel se debe de levantar la impresora pero no se puede parar la

maquina, por lo que sale un lote de fundas que no tienen nombre y no se sirven para el cliente. También nos comenta que se puede generar desperdicio en el lapso en que se saca la impresora para enjuagar y cambiar la tinta.

Categoría: Maquina

Causa #6: Arranque de maquina

Causa Principal: SI

Evidencia: Se pudo evidenciar en el análisis de frecuencia de causas de desperdicio que el arranque de maquina se presento 37 veces en los 3 meses analizados. A pesar de esto al momento de conversar con el jefe de planta nos comenta que siempre se va a generar este desperdicio cada vez que se arranca la máquina para poder estabilizarla. Actualmente se produce un promedio entre 10 a 12 kilos de desperdicio, pero no es viable una reducción de este promedio.

Categoría: Maquina

Causa #7: Falta de plan de mantenimiento

Causa Principal: NO

Evidencia: Se reviso la existencia de un control y registro de los mantenimientos correctivos y preventivos que se realizan en todas las maquinas de la empresa.

Categoría: Maquina

Causa #8: Limpieza de boquilla

Causa Principal: SI

Evidencia: En el análisis de frecuencia de causas en la generación de desperdicio se verifica que la limpieza de boquilla por donde sale el globo de plástico es la principal causa con un total de 199 eventos durante los tres meses que se analizaron. Esto se da debido a que al momento en que el globo pasa por la boquilla se va formando depósitos de carbono que pueden alterar la

calidad de las fundas plásticas, por lo que es necesario limpiar la boquilla con una espátula de bronce. Esta limpieza genera defectos en las fundas que salen mientras se realiza la limpieza y se las envía al desperdicio.

Categoría: Método

Causa #9: Proceso no conocido

Causa Principal: NO

Evidencia: Se converso con el jefe de planta y los operadores de las maquinas de extrusión y pudimos verificar que si conocen el proceso de extrusión.

Categoría: Medición

Causa #10: Falta de análisis de data

Causa Principal: SI

Evidencia: No se realiza un análisis profundo de la información que se encuentra en los registros de producción para poder tomar acciones que disminuyan los desperdicios generados. Al no existir un análisis de datos no se controla correctamente el comportamiento de la generación de desperdicios y estos se podrían incrementar sin que lo noten hasta que llegue a un punto crítico.

Categoría: Medio Ambiente

Causa #11: En el invierno hay salpique de agua

Causa Principal: NO

Evidencia: Se observo en la visita a la planta del 02 de Febrero del 2015 que existía unos toldos que cubrían las maquinas en forma de carpas. Al parecer existe un salpique de agua desde el techo de la planta. Se consulta las probabilidades que este evento produzca desperdicio pero se evidencio que no afectaba la producción de ninguna forma.

En resumen las causas principales de la generación de desperdicio son:

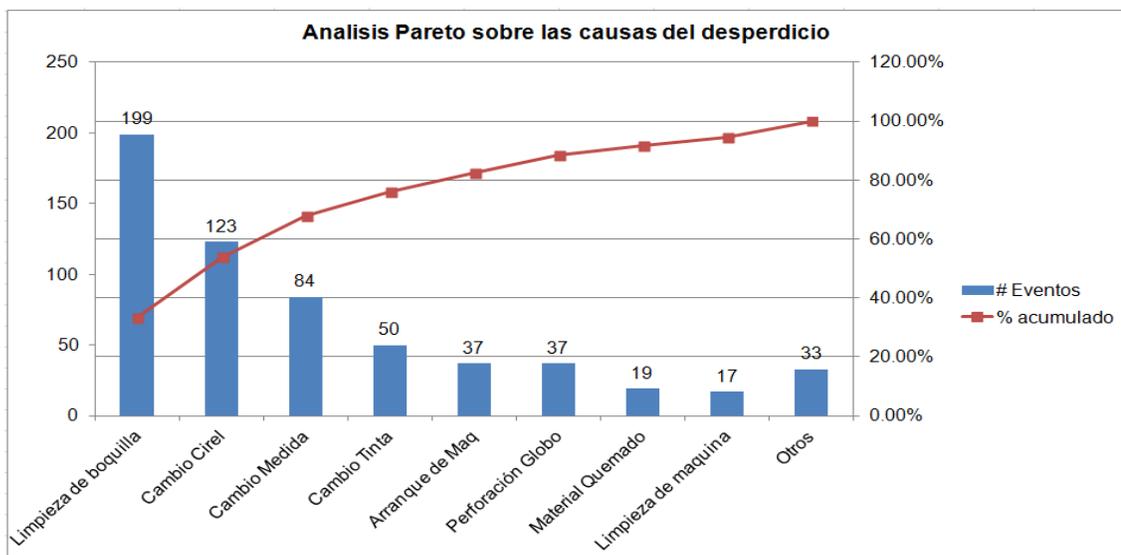
Tabla 29 - Causas principales de generación de desperdicio en proceso de extrusión

Categoría	Causa Principal
Mano de obra	Cambio de medidas
Materiales	Mala Calidad del Reprocesado
Materiales	Cambio de cireles y tinta en impresora
Maquina	Arranque de maquina
Maquina	Limpieza de boquilla
Medición	Falta de análisis de data

Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

A continuación se presenta el grafico de frecuencia de causas en la generación de desperdicio que se utilizo para validar algunas causas principales:

Gráfico 66 - Frecuencia de causas en la generación de desperdicios en extrusión



Fuente: RABE S.A. 2015. Realizado por: El autor.

3.4) Causa raíz: 5 porqués

Para poder determinar cuáles son las acciones que se deberán tomar para cumplir el objetivo del proyecto, tuvimos que descubrir las causas raíces que derivan en las causas principales detectadas. Para poder hacer esto se utilizó la técnica de los “5 porqués”. A través de una serie de preguntas al jefe de planta y a la Presidencia de RABE S.A. lograremos encontrar las verdaderas razones que generan el problema y cuáles son las acciones a tomar.

Categoría: Mano de Obra

Causa Principal: Cambio de medidas

Porque	Respuesta	Acción
¿Por qué el cambio de medidas genera desperdicio?	Porque se altera el espesor y el ancho y comienza a salir rollos con medidas diferentes	Se disminuye el desperdicio generado.
¿Por qué se altera el espesor y el ancho y comienza a salir rollos con medidas diferentes?	Porque la orden de producción requiere cambiar las medidas para atender otros pedidos en la misma máquina	Se puede especializar la producción por máquina para evitar cambios de medidas.
¿Por qué la orden de producción requiere cambiar las medidas para atender otros pedidos en la misma máquina?	Porque así se planifico la producción para esas máquinas debido a que deben de cumplir los tiempos de entrega.	Se debe planificar la producción para disminuir cambios de medidas entre rollos.
¿Por qué se debe planificar la producción de esa manera para cumplir los tiempos de entrega?	Porque no se posee la suficiente capacidad de producción para cumplir toda la producción a tiempo y sin mayor variación.	Se presentara propuesta para aumentar capacidad de planta. (Se puede comprar máquina, trabajar turnos extra, optimizar producción).

Categoría: Materiales

Causa Principal: Mala calidad del reprocesado

Porque	Respuesta	Acción
¿Por qué la mala calidad del reprocesado genera desperdicio?	Porque se compra un reprocesado que no es compatible y hace fallar a la maquina.	Comprar un reprocesado de buena calidad
¿Por qué se compra un reprocesado que no es compatible y hace fallar a la maquina?	Porque se compra reprocesado a proveedores que no vende un buen producto.	Calificar a los proveedores que vendan reprocesado de buena calidad
¿Por qué se compra reprocesado a proveedores que no siempre vende un buen producto?	Porque no se realiza un proceso de selección y evaluación de proveedores.	Aplicar proceso de selección y evaluación de proveedores.
¿Por qué no se realiza un proceso de selección y evaluación de proveedores?	Porque la empresa no ha definido un proceso de selección y evaluación de proveedores	Definir proceso de selección y evaluación de proveedores.

Categoría: Materiales

Causa Principal: Cambio de cireles y tinta en impresoras

Porque	Respuesta	Acción
¿Por qué el cambio de cireles y tinta en impresoras genera desperdicio?	Porque se producen fundas sin la impresión de los nombres de los clientes.	Se disminuye el desperdicio generado por cambio de cireles y tintas.
¿Por qué se producen fundas sin la impresión de los nombres de los clientes?	Porque se debe parar la impresora para poder hacer los cambios y se levanta la impresión.	Se utilizara la maquina comprada para no parar la producción de fundas con impresión
¿Por qué se debe parar la impresora para poder hacer los cambios y se levanta la impresión?	Porque no hay otra impresora disponible para reemplazarla.	Se planificara la compra de una impresora de repuesto para el cambio de tinta y cireles

Categoría: Maquina

Causa Principal: Arranque de maquina

Porque	Respuesta	Acción
¿Por qué se genera desperdicio por el arranque de maquina?	Porque se debe esperar a que se caliente y se calibre las maquinas.	Se disminuye el desperdicio por arranque de máquina.
¿Por qué se debe esperar a que se caliente y se calibre las maquinas?	Porque las maquinas se apagan el sábado y toma en promedio 2 horas el volver a calentarse.	No habría que arrancar las maquinas el Lunes porque estarían prendidas 24/7
¿Por qué las maquinas se apagan el sábado y toma en promedio 2 horas el volver a calentarse?	Porque la planificación actual de producción solo cubre hasta el sábado en la tarde y no 24/7	Armar un plan para aumentar los turnos de trabajo paulatinamente y que se llegue a trabajar 24/7.

Categoría: Maquina

Causa Principal: Limpieza de boquilla

Porque	Respuesta	Acción
¿Por qué se genera desperdicio por la limpieza de boquilla?	Porque las fundas salen alteradas mientras se realiza la limpieza	Se disminuye los desperdicios por limpieza de boquilla
¿Por qué se debe hacer una limpieza de boquilla?	Porque se debe eliminar los depósitos de carbono que se acumulan en la boquilla de la máquina de forma frecuente	Se puede planificar las limpiezas de boquilla para que se realicen con la frecuencia correcta.
¿Por qué se debe eliminar los depósitos de carbono que se acumulan en la boquilla de la máquina de forma frecuente?	Porque se debe mantener la calidad de la funda plástica para que no salga con impurezas.	Investigar nuevas formas de prevenir la generación de depósitos de carbono.

Categoría: Medición

Causa Principal: Falta de análisis de datos

Porque	Respuesta	Acción
¿Por qué la falta de análisis de datos genera desperdicios?	Porque no se puede detectar cuales son las principales causas de la generación de desperdicios a tiempo	Se lograra determinar las principales causas del desperdicio y se tomara acciones correctivas.
¿Por qué no se puede detectar cuales son las principales causas de la generación de desperdicios a tiempo?	Porque no se está recopilando los datos de una forma apropiada para el análisis de datos (digital).	Se revisara los formatos actuales y se los ajustara para que recopilen los datos que se necesitan y se digitalice la información.
¿Por qué no se está recopilando los datos de una forma apropiada para el análisis de datos (digital)?	Porque no existe una persona responsable de digitalizar la información y realizar el análisis de datos.	El responsable digitalizara la información y la procesara para tomar decisiones objetivas.
¿Por qué no existe una persona responsable de digitalizar la información y realizar el análisis de datos?	Porque no se ha designado a un responsable y los empleados actuales no poseen tiempo disponible	Se deberá asignar la responsabilidad a un empleado actual o contratar un analista de producción.

4.2.4) Fase de Mejora.

4.1) Acciones para eliminar las causas raíz.

En la fase anterior se realizó una lluvia de ideas donde se obtuvo las posibles causas del problema seleccionado. Después se analizó cada una de las causas y se determinó cuáles iban a ser las 6 causas principales que causaban un alto nivel de desperdicio. Se utilizó la técnica de los “5 porqués” para poder encontrar las causas raíces y determinar una serie de acciones que se deberán tomar para atenderlas.

Por lo tanto en esta fase se procederá a armar un plan de acción que permita abordar cada una de las acciones que se deberán tomar de una manera coordinada.

4.2) Plan de acción.

A continuación se presenta el plan de acción que se definió con el equipo Six Sigma y los aspectos que involucra.

En este plan se podrá observar cómo se parte de la causa principal y se refiere a cada una de las acciones que se debe tomar, los responsables de ejecutarlas, las fechas tentativas en las que se ejecutará y el costo estimado de aplicar cada acción.

Tabla 30 - Plan de acciones 5W2H para disminuir desperdicio en extrusión – Parte 1

	1W	2W	3W	4W	5W	1H	2H	
	What	Why	Who	When	Where	How	How much	
	Qué	Por qué	Quién	Cuándo	Dónde	Como	Cuanto costará	
Problema	Causa raíz	Razón de hacerlo	Responsable	Fecha de inicio	Fecha de fin	Lugar	Instrucciones	USD (Aprox.)
Cambio de medidas	No existe la capacidad de producción necesaria para atender todos los pedidos sin realizar mayor variación en las medidas	1 Realizar un presupuesto para aumentar la capacidad de la planta y optimizar la operación actual 2 Se presentara la propuesta a la Gerencia y se revisara la viabilidad de las acciones 3 Se analizara la opción de especializar las maquinas en ciertas medidas 4 Se ejecuta las acciones tomadas para disminuir el cambio de medidas y el desperdicio	Jefe de Planta	06/04/2015	17/04/2015	RABE S.A.	Estudio para propuesta	\$ 100.00
			Jefe de Planta y Lider Six Sigma	20/04/2015	24/04/2015	RABE S.A.	Reuniones con GG	
Alto nivel de desperdicio en el proceso de extrusión	Mala calidad del reprocesado No se ha definido un proceso de selección y evaluación del proveedores que permita verificar la calidad de la materia prima	Las maquinas producen finas de varias medidas Se debe especular y verificar los resultados obtenidos No existe proceso de selección y evaluación de proveedores Al ser un proceso crítico debe ser aprobado por la GG Se iniciara la evaluación para conocer la calidad de los proveedores actuales Mala calidad en las materias primas traen problemas en el proceso de extrusión Se debe especular y verificar los resultados obtenidos	Gerencia General	24/04/2015	24/04/2015	RABE S.A.	Revisión y aprobación	\$ -
			Jefe de Planta	27/04/2015	08/05/2015	RABE S.A.	Ejecución de medidas	
Cambio de creles y tinta en impresora	No existe otra impresora de apoyo que permita seguir produciendo fundas con el nombre mientras se cambia el crele y la tinta	1 Formular y definir una propuesta de proceso de selección y evaluación de proveedores 2 Se presentara la propuesta a la Gerencia y se revisara la viabilidad de las acciones 3 Se implementara el proceso de evaluación a los proveedores actuales 4 Se descartara a los proveedores que no cumplan con los requerimientos de la evaluación. 5 Se ejecuta las acciones y se disminuye el desperdicio por mala calidad del reprocesado	Compras	06/04/2015	10/04/2015	RABE S.A.	Estudio para propuesta	\$ 100.00
			Jefe de Planta y Lider Six Sigma	13/04/2015	24/04/2015	RABE S.A.	Reuniones con GG	
Cambio de creles y tinta en impresora	No existe otra impresora de apoyo para la extrusión	Se debe especular y verificar los resultados obtenidos No hay una impresora de apoyo para el proceso de extrusión Necesita la aprobación de la Gerencia para poder comprar este equipo Se debe poner en marcha el plan	Compras	27/04/2015	15/05/2015	RABE S.A.	Ejecución de propuesta	\$ 300.00
			Lider Six Sigma	15/05/2015	15/05/2015	RABE S.A.	Revisión y validación	
Cambio de creles y tinta en impresora	No existe otra impresora de apoyo para la extrusión	1 Se cotizara una impresora de apoyo para la extrusión 2 Se presentara la propuesta a la Gerencia y se revisara la viabilidad de las acciones 3 Se realizara la compra de la impresora de apoyo para cambiar los creles y la tinta 4 Se ejecuta las acciones y se disminuye el desperdicio por cambio de creles y tinta	Jefe de Planta	06/04/2015	10/04/2015	RABE S.A.	Cotización de acción	\$ 75.00
			Jefe de Planta y Lider Six Sigma	13/01/1900	17/04/2015	RABE S.A.	Reuniones con GG	
Cambio de creles y tinta en impresora	No existe otra impresora de apoyo para la extrusión	Se debe poner en marcha el plan Se utiliza la impresora en los cambios de creles para no hacer desperdicio	Jefe de Planta	27/04/2014	01/05/2015	RABE S.A.	Compra de equipo	\$ 3,000.00
			Extrusores	04/05/2015	29/05/2015	RABE S.A.	Ejecución de propuesta	

Fuente: El autor. Realizado por: El autor

Tabla 31 - Plan de acciones 5W2H para disminuir desperdicio en extrusión – Parte 2

	1W	2W	3W	4W	5W	1H	2H				
	What	Why	Who	When	Where	How	How much				
	Qué	Por qué	Quién	Cuando	Dónde	Como	Cuánto costará				
Problema	Causa principal	Causa raíz	Acción(es) para eliminar la causa raíz	Razón de hacerlo	Responsable	Fecha de inicio	Fecha de fin	Lugar	Instrucciones	USD (Aprox.)	
Alto nivel de desperdicio en el proceso de extrusión	Atrancamiento de máquina	La planificación de producción no es 24/7 por lo que los Lunes se debe atrancar las máquinas y se genera desperdicio	1. Se realizará una propuesta de planificación que busque ser 24/7	No hay una producción 24/7	Jefe de Planta y Líder Six Sigma	06/04/2015	17/04/2015	RABE S.A.	Estudio para propuesta	\$ 150.00	
			2. Se presentará la propuesta a la Gerencia y se revisará la viabilidad de las planificaciones	Necesita la aprobación de la Gerencia a ser una decisión estratégica	Jefe de Planta y Líder Six Sigma	20/04/2015	24/04/2015	RABE S.A.	Reuniones con GG	Reuniones con GG	\$ 75.00
Alto nivel de desperdicio en el proceso de extrusión	Falta de análisis de datos	Debido a que se debe mantener la calidad de la funda se debe hacer limpiezas constantes para eliminar los depósitos de carbono en la boquilla	3. Se aplicará la propuesta para de forma paulatina ir implementando una producción 24/7	Se debe poner en marcha el plan	Gerencia General y Jefe de Planta	27/04/2015	29/05/2015	RABE S.A.	Ejecución de plan	\$ 500.00	
			4. Se analizará la disminución de desperdicio al no tener que atrancar la máquina cada Lunes	Se debe comprobar los resultados de la acción tomada	Jefe de Planta	29/05/2015	29/05/2015	RABE S.A.	Revisión de resultados	Revisión de resultados	\$ 50.00
			1. Se investigará maneras de disminuir depósitos de carbono	No se conoce maneras de disminuir los depósitos actualmente	Líder Six Sigma	06/04/2015	24/04/2015	RABE S.A.	Estudio e investigación	Estudio e investigación	\$ 150.00
			2. Se analiza como realizar las limpiezas de forma menos frecuente pero mas efectiva	Al limpiarse con mucha frecuencia se genera mucho desperdicio	Líder Six Sigma	27/04/2015	01/05/2014	RABE S.A.	Estudio e investigación	Estudio e investigación	\$ 50.00
Alto nivel de desperdicio en el proceso de extrusión	Falta de análisis de datos	Debido a que se debe mantener la calidad de la funda se debe hacer limpiezas constantes para eliminar los depósitos de carbono en la boquilla	3. Se analizará la investigación con el jefe de planta	Se debe validar las opciones con el jefe de planta y ser aprobadas	Jefe de Planta y Líder Six Sigma	04/05/2015	06/05/2015	RABE S.A.	Reuniones con Jefe	\$ 25.00	
			4. Se aplica las medidas y se revisa los resultados	Se debe comprobar los resultados de la acción tomada	Jefe de Planta	06/05/2015	29/05/2015	RABE S.A.	Revisión de resultados	Revisión de resultados	\$ 200.00
			1. Se busca designar un responsable para la recopilación y análisis de datos	No existe un responsable de análisis de datos	Gerencia General y Líder Six Sigma	06/04/2015	10/04/2015	RABE S.A.	Reuniones con GG	Reuniones con GG	\$ 50.00
			2. El responsable deberá analizar el medio de recopilación de datos y si los formatos son correctos	Se debe validar los formatos y el proceso de análisis de datos	Responsable de análisis	20/04/2015	24/04/2015	RABE S.A.	Revisión de proceso	Revisión de proceso	\$ 100.00
Alto nivel de desperdicio en el proceso de extrusión	Falta de análisis de datos	Debido a que se debe mantener la calidad de la funda se debe hacer limpiezas constantes para eliminar los depósitos de carbono en la boquilla	3. Se ejecutará la recopilación y análisis de datos	Se debe poner en marcha el plan	Responsable de análisis	27/04/2015	27/05/2015	RABE S.A.	Ejecución de plan	\$ 400.00	
			4. La Gerencia General evaluará los resultados del análisis y tomará decisiones mas oportunas	Se debe comprobar los resultados de la acción tomada	Gerencia General	28/05/2015	29/05/2015	RABE S.A.	Revisión de resultados	Revisión de resultados	\$ 50.00

Fuente: El autor. Realizado por: El autor

4.3) Implantación y Evaluación de resultados.

La implementación del proyecto Six Sigma y la evaluación de los resultados según el plan presentado serán responsabilidad de la empresa RABE S.A.

4.2.5) Fase de Control

5.1) Mecanismos de seguimiento y control.

La definición de los mecanismos de control del proyecto será responsabilidad de la empresa RABE S.A. El autor de este documento sugiere que se mantenga el análisis de las variables presentadas en la fase de definición de este proyecto al igual que un análisis detallado de las causas del desperdicio.

5.2) Resultados finales del proyecto.

En base a lo definido en la fase de medición, se concluyó la primera etapa del proyecto donde se definió los objetivos, se midió y cuantificó las variables, se analizó las posibles causas del problema y se determinó un plan de acción 5W2H en base a los resultados encontrados que define la propuesta de mejora. Por lo tanto se cumplió con todos los objetivos planteados.

5.3) Transferencia del proyecto

A partir de este punto se transfiere el proyecto a la empresa RABE S.A.

FIN DE LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO

CONCLUSIONES

Este proyecto de mejora nos muestra como la cultura del Six Sigma puede ser la respuesta a la necesidad de innovación y optimización de los modelos de negocio que existe hoy en día en todas las empresas a nivel mundial. Nos permite reconocer mediante un diagnóstico claro y efectivo, cuales son las áreas de oportunidad que tiene nuestro negocio y nos facilita una serie de herramientas que nos ayudaran a determinar la verdaderas causas de los problemas que la empresa puede tener. Basados en este principio, se puede considerar viable que las empresas en el Ecuador tomen como parte de su plan estratégico el desarrollo de proyectos de mejora continua para poder incrementar sus niveles de competitividad frente a la competencia internacional.

Durante los últimos 5 años la economía ecuatoriana ha venido creciendo, pero a partir del 2012 dicho crecimiento se ha ralentizado. Por lo cual el gobierno ha visto la necesidad de tomar medidas para dinamizar el modelo comercial del país y realizar un cambio de matriz productiva que nos permita sostenernos ante cualquier amenaza. El objetivo final es que las empresas del país incrementen sus niveles de inversión y mejoren la calidad del producto nacional para que se fomente su consumo tanto dentro como fuera del Ecuador.

El sector plástico no se quiere quedar atrás y ha venido realizando inversiones que le han permitido aumentar su capacidad de producción en las más de 600 empresas que se registran en ASEPLAS a nivel nacional. La industria plástica es considerada como una de las más importantes en la economía del país al ofrecer bienes complementarios para otras industrias que agregan valor al producto final que se ofrece. En nuestro país ha existido un gran desarrollo tecnológico para este sector que ha permitido innovar en nuevos productos y disminuir los costos.

A pesar de esto el sector plástico se enfrenta a varias amenazas. Entre las más importantes la variación que se presenta en el precio de sus materias primas (Resinas plásticas) que se ven afectadas por los cambios en el precio del barril del petróleo. Para el periodo 2015 se espera un fuerte golpe a la economía del país debido a que el precio del barril del petróleo ha bajado hasta \$37 dólares (Según el WTI y el castigo al crudo ecuatoriano), cuando en el presupuesto del estado se proyectaba un precio de \$79 dólares. Lo más probable es que el gobierno tome ciertas medidas tributarias que cubran la disminución de liquidez que se puede presentar y por ende se afecte al desenvolvimiento de las pequeñas y medianas empresas. Las empresas plásticas se han visto en la necesidad de disminuir la importación de materias primas y reemplazarla con el uso de material reprocesado nacional, que en la mayoría de casos no cubre con los requisitos necesarios para los procesos de producción.

Por esto se converso con RABE S.A., empresa dedicada a la producción de fundas plásticas para banano, que al estar consciente de la situación actual, se decidió en desarrollar un proyecto de mejora utilizando la metodología Six Sigma. Partiendo del diagnostico de la compañía se encontraron 17 oportunidades de mejora que podían ser abordadas por el proyecto de mejora. Después de analizar la información que se había levantado, se decidió que el proyecto busque disminuir el nivel de desperdicios generados por el proceso de extrusión que actualmente alcanzaban un estimado de 18,376.60 kilos que significan \$43,962.57.

El proyecto definió objetivos muy claros que permitieron dirigir la búsqueda de las causas a 6 aspectos que podrían influenciar la generación de desperdicios: Mano de Obra, Materiales, Maquinaria, Método, Medición y Medio Ambiente. Entre estos aspectos se pudo ubicar 10 causas posibles, las mismas que al ser

evaluadas y justificadas por la empresa, derivaron en 6 causas principales que permitieron plantear un plan de acción muy detallado y cuya inversión asciende a los \$6,000.00.

La empresa mostro un nivel de estabilidad y poca variabilidad en su proceso de extrusión que se ve explicado por la experiencia de su personal de planta y los conocimientos técnicos que poseen los dueños sobre el comportamiento del negocio. A pesar de esto se nota la oportunidad de mejora de crecer en la parte estratégica de la compañía al no tener objetivos muy claros y el buscar crear un mejor ambiente de trabajo que beneficie los resultados de la operación. También se noto la ausencia de un responsable de análisis de información, lo que hace que la gran mayoría de las decisiones se tomen en base a la experiencia y no en base al comportamiento objetivo de los procesos o al análisis de la información que generan los registros de la empresa.

Actualmente la empresa tenía saturada su capacidad de producción por lo cual decidió comprar una nueva máquina extrusora con una capacidad similar a las maquinas 1, 2 y 4. Con esta máquina se proyecta que la producción mensual crezca hasta 200,000 kilos aproximadamente, es decir un 40% aprox. para finales del 2015. Esto provocaría un incremento en el desperdicio generado en un 20% a 40% por lo cual se podría hacer un alcance del proyecto Six Sigma en esa época.

En conclusión se puede destacar la infraestructura de la empresa y su respuesta ante la demanda de pedidos que posee y creo que con un buen plan estratégico que incluya un monitoreo constante de los indicadores claves del proceso y una toma de decisiones basadas en el análisis de datos, RABE S.A. es una empresa que puede llegar a ubicar una posición importante en el segmento de mercado que participa.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa RABE S.A. que continúe con la fase de implementación y control del proyecto Six Sigma según lo definido para poder demostrar la eficiencia y eficacia de las acciones de mejora planteadas. Esto les permitirá experimentar los beneficios que trae la metodología Six Sigma y el conocer en primera persona cuales son las fases que se debe realizar para encontrar las áreas de oportunidad, identificar y analizar las causas principales que ocasionan el problema y como determinar las acciones

Se recomienda que la empresa RABE S.A. aproveche las áreas de oportunidad que se identificaron mediante el diagnostico de la firma y las comience a tratar mediante proyectos de mejora o decisiones puntuales según sea el caso. Se podría empezar por la redefinición del marco estratégico de la empresa, para que mediante nuevos objetivos estratégicos tipo SMART, se consiga ampliar las fronteras de la organización y puedan ser más competitivos en su industria. También se recomienda que la empresa defina indicadores de producción que se encuentren alineados a los objetivos planteados por la Gerencia General y permitan ver el nivel de cumplimiento que se tiene en un periodo determinado.

Es muy importante que RABE S.A. comience a recolectar, digitalizar, procesar y analizar los datos referentes a su producción y sus ventas para que puedan conocer el comportamiento actual de sus procesos productivos y tomen decisiones más objetivas que apunten a una mejora total. Justamente Six Sigma se basa mucho en el procesamiento de datos por lo que si no se tiene la data disponible y lista para su análisis, van a existir muchas trabas para definir proyectos de mejora continua. Se puede tomar como ejemplo la base de datos que se creó para hacer el diagnostico de este proyecto.

Para la réplica de este modelo, se recomienda al Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) tome la iniciativa de impartir capacitaciones a pequeñas y medianas empresas sobre esta metodología de mejora continua. El proyecto de mejora continua basado en la metodología Six Sigma que se realizó en el presente documento, podría servir como ejemplo de aplicación y demostrar los beneficios que trae si se adopta como parte de la cultura empresarial.

Esta medida puede causar un aumento en la competitividad de las PYMES en el Ecuador mediante la disminución de su estructura de costos y el incremento de las ventas al tener un producto (Bien o servicio) que brinde un mayor valor agregado que el de la competencia. Si se consigue este objetivo se podría llegar a exportar nuestros productos a mercados internacionales con un mayor nivel de aceptación y rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ASQ. (2005). *Fishbone (Ishikawa) Diagram*. Recuperado el 25 de Enero de 2015, de ASQ - Learn About Quality: <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/fishbone.html>

ASQ. (2014). *Culture of Quality*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2014, de ASQ: <http://asq.org/knowledge-center/Culture-of-Quality/index.html>

Banco Central del Ecuador. (Febrero de 2015). *Estadísticas Macroeconómicas - Presentación Coyuntural*. Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de Banco Central del Ecuador: <http://www.bce.fin.ec/index.php/publicaciones-de-banca-central3>

Banco Central del Ecuador. (Enero de 2015). *Información Estadística Mensual No.1955 Enero 2015 - Exportaciones por grupos de productos*. Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de Banco Central del Ecuador: <http://www.bce.fin.ec/index.php/publicaciones-de-banca-central3>

Banco Central del Ecuador. (Enero de 2015). *Información Estadística Mensual No.1955 Enero 2015 - Exportaciones por producto principal*. Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de Banco Central del Ecuador: <http://www.bce.fin.ec/index.php/publicaciones-de-banca-central3>

Banco Central del Ecuador. (Enero de 2015). *Información Estadística Mensual No.1955 Enero 2015 - Importaciones CIF por uso o destino económico*. Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de Banco Central del Ecuador: <http://www.bce.fin.ec/index.php/publicaciones-de-banca-central3>

Banco Central del Ecuador. (Enero de 2015). *Información Estadística Mensual No.1955 Enero 2015 - Producto Interno Bruto por Industria*. Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de Banco Central del Ecuador: <http://www.bce.fin.ec/index.php/publicaciones-de-banca-central3>

EFQM. (2012). *EFQM - Model Criteria*. Recuperado el 6 de Enero de 2015, de <http://www.efqm.org/efqm-model/model-criteria>

Evans, M. H. (22 de Febrero de 2008). *Six Sigma Project Files - Define Phase*. Recuperado el 06 de Enero de 2015, de http://www.exinfm.com/six_sigma_project_files.html

Gitlow, H. S., & Levine, D. M. (2012). *Six Sigma for Green Belts and Champions. Foundations, DMAIC, Tools, Cases and Certification*. United States: Pearson Education, Inc.

Giugni, P. E. (06 de Febrero de 2009). *La Calidad como Filosofía de Gestión*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2014, de Lic. Pablo E. Giugni: <http://www.pablogiugni.com.ar/httpwwwpablogiugnicomarp95/>

Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de Calidad y Seis Sigma* (Segunda Edición ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.

Hoyle, D. (2009). *ISO 9000 Quality Systems Handbook: Using the standards as a framework for business* (Sixth Edition ed.). Linacre House Jordan Hill Oxford, Great Britain: Routledge.

International Standard Organization. (2005). Norma Internacional ISO 9000. *ISO 9000:2005, Tercera*. Ginebra, Suiza.

International Standard Organization. (15 de Noviembre de 2008). Norma Internacional ISO 9001:2008. *Sistema de Gestión de la Calidad - Requisitos, 4*. (T. M. Group, Trad.) Ginebra, Suiza.

Iracheta, N. (26 de Junio de 2013). *Temas de Excelencia Operacional*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://nicoiracheta.blogspot.com/>

Munro, R. A., Maio, M. J., Nawaz, M. B., Ramu, G., & Zrymiak, D. J. (2009). *The certified Six Sigma Green Belt*. Noida, India: Pearson.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2011). *Las Claves de Seis Sigma. La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial*. Madrid: Mc Graw-Hill/INTERAMERICANA DE ESPAÑA.

Porter, M. E. (2013). Las cinco fuerzas competitivas que moldean la estrategia. En M. E. Porter, *Ser competitivo* (Sexta edición ed., págs. 39-42). España: Ediciones Deusto.

Real Academia Española. (2012). *Diccionario de la lengua española, 22 Edición*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2014, de Real Academia Española: <http://lema.rae.es/drae/?val=Calidad>

Rosete, L. (2009). Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora del desempeño de procesos de una planta de manufactura de cables telefónicos. Sante Fe, Ciudad de México, México.

SENPLADES. (24 de Junio de 2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Obtenido de Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador: <http://www.buenvivir.gob.ec/69>

SuperIntendencia de Compañías del Ecuador. (2014). *Anuarios Estadísticos*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de SuperIntendencia de Compañías del Ecuador: <http://www.supercias.gob.ec/portal/>

ANEXOS

Anexo 1 - Carta de autorización para uso y publicación de información de la empresa RABE S.A. con fines académicos para el presente trabajo de titulación.



Empaques Industriales y de Exportación,
Rollos, Fundas, Termo-encogibles, Impresos
Guayaquil, 01 de Diciembre del 2014

Señores

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL,
Guayaquil

De mis consideraciones:

Yo, Mauro Iván Tama Mendoza, actuando como Representante Legal de la empresa Construcciones y Arquitecturas RABE S.A. con el RUC 0992166010001, autorizo al Señor Giorgio André Constantine Yépez con C.I. 0920815107, al uso y publicación de la información de nuestra representada, exclusivamente para fines académicos en el desarrollo de su trabajo de titulación: "Aplicación de la metodología Six Sigma para la identificación y propuesta de mejoras en el área de producción en la empresa RABE S.A. Industria Plástica" en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Sin otro particular,

Atentamente

Mauro Iván Tama Mendoza

Presidente

Construcciones y Arquitecturas RABE S.A.

Construcciones y Arquitectura Rabe S.A.
Av. Juan Tanca Marengo Km. 6
Cda. Santa Adriana Mz. 9 Sl. 9
Telf.: 2265305 • e-mail: rabesa@on.net.ec
Guayaquil - Ecuador

Anexo 2 - Muestra de las bases de datos del proceso de Extrusión (Resumen) según los parámetros de muestra seleccionados digitalizadas y procesadas por el autor.

11

Digitado	id_ficha	proceso	turno	id_maquina	fecha	id_operador_1	id_operador_2	hora_desde	hora_hasta	r_alta_densidad	r_baja_densidad	r_lineal	r_bifritrina	r_pigmentos_verde
Giorgio	4061b	Extrusión	2	1	01/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	875	0	101	30.6	13
Giorgio	4062b	Extrusión	2	1	01/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	875	0	71	37.45	11.3
Giorgio	4062a	Extrusión	1	2	01/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	1294.3	0	96	68.75	19.5
Giorgio	4061a	Extrusión	1	1	01/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	1275	0	125	55	13
Giorgio	4065b	Extrusión	2	1	02/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	750	0	149	33.5	10
Giorgio	4065a	Extrusión	1	1	02/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	1100	0	177	65.4	17
Giorgio	4066b	Extrusión	2	2	02/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	750	0	116	33.35	10.3
Giorgio	4066a	Extrusión	1	2	02/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	1100	0	144	65.25	17.3
Giorgio	4069b	Extrusión	2	1	03/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	625	0	89	40.45	20.5
Giorgio	4069a	Extrusión	1	1	03/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	1050	0	121	63.6	16
Giorgio	4070b	Extrusión	2	2	03/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	675	0	110	39	19.8
Giorgio	4070a	Extrusión	1	2	03/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	1050	0	138	62.45	15.3
Giorgio	4073b	Extrusión	2	1	04/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	500	0	140	39.3	17
Giorgio	4073a	Extrusión	1	1	04/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	900	0	164	69.7	25
Giorgio	4074a	Extrusión	1	2	04/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	900	0	185	68.25	25.3
Giorgio	4074b	Extrusión	2	2	04/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	500	0	161	39.25	20.1
Daniel	4077a	Extrusión	1	1	05/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	925	0	113	68.1	8
Daniel	4078b	Extrusión	2	2	05/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	525	0	113.5	35.75	16.2
Daniel	4078a	Extrusión	1	2	05/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	925	0	139.5	67.95	16.2
Daniel	4077b	Extrusión	2	1	05/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	19:00	7:00	525	0	89	37.7	17
Daniel	4081a	Extrusión	1	1	06/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	475	0	60	35.25	8.5
Daniel	4082a	Extrusión	1	2	06/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	7:00	19:00	450	0	92	36.25	9.7
Daniel	4085a	Extrusión	1	1	08/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	7:00	19:00	1150	0	135	70.6	27
Daniel	4085b	Extrusión	2	1	08/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	19:00	7:00	850	0	111	42.4	21
Daniel	4086b	Extrusión	2	2	08/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	19:00	7:00	750	0	140	41.95	21.7
Daniel	4086a	Extrusión	1	2	08/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	7:00	19:00	1100	0	166	70.15	27.7
Daniel	4089b	Extrusión	2	1	09/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	19:00	7:00	650	0	61	47	20
Daniel	4089a	Extrusión	1	1	09/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	7:00	19:00	950	0	79	69.8	26
Daniel	4090b	Extrusión	2	2	09/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	19:00	7:00	650	0	94	45.95	21.7
Daniel	4090a	Extrusión	1	2	09/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	7:00	19:00	950	0	112	68.75	27.7
Daniel	4093a	Extrusión	1	1	10/09/2014	RUGE.SORIANO ANGEL.AURELO	COBOS.ORTIZ.LECTOR.MOISES	7:00	19:00	900	0	111.5	61.7	12.5
Daniel	4093b	Extrusión	2	1	10/09/2014	RUGE.SORIANO GUBER.ABEL	OLIVO.MARQUEZ.JAVIER.ELISTQUIO	19:00	7:00	550	0	88.5	28.8	7.5

¹¹ Se tomo una muestra de la tabla completa que tiene 73 columnas y 290 filas. La base de datos completa esta en el CD adjunto a este documento.

Anexo 3 - Muestra de las bases de datos del proceso de Extrusión (Detalle) según los parámetros de muestra seleccionados digitalizadas y procesadas por el autor.

12

Digitador	id_ficha	Fecha	Maquina	codigo_rollo	ancho (pulgadas)	tipo_producto	espesor (pulgadas)	color	peso_bruto	peso_netto	hora_inicio	hora_fin	observaciones_detalle	Tiempo Dur.
Giorgio	4061a	01/09/2014	1	1	34	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	60.15	58.35	10:10:00	11:15:00	Fanja Lila Biflex	1:05:00
Giorgio	4061a	01/09/2014	1	7	34	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	89.25	86.25	11:15:00	13:05:00	Fanja Lila Biflex	1:50:00
Giorgio	4061a	01/09/2014	1	10	34	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	38.55	37.00	13:05:00	13:45:00	Fanja Lila Biflex	0:40:00
Giorgio	4061a	01/09/2014	1	14	32	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	40.85	37.85	13:45:00	15:00:00	Fanja Lila Biflex	1:15:00
Giorgio	4061a	01/09/2014	1	16	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	92.90	89.90	15:00:00	16:35:00	Biflex Rabe Marun	1:35:00
Giorgio	4061a	01/09/2014	1	21	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	74.20	70.20	16:35:00	18:00:00	Biflex Rabe Marun	1:25:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	25	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	102.30	100.60	18:00:00	19:40:00	Biflex Rabe Marun	1:40:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	29	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	76.00	73.50	19:40:00	21:05:00	Biflex Rabe Marun	1:25:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	31	34	Fundas Biflex	0.000500000000	Verde	92.30	90.60	21:05:00	22:45:00	Probana Biflex	1:40:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	35	34	Fundas Biflex	0.000500000000	Verde	89.20	87.50	22:45:00	0:20:00	Probana Biflex	1:35:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	38	34	Fundas Biflex	0.000500000000	Verde	82.30	80.60	0:20:00	1:45:00	Probana Biflex	1:25:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	41	34	Fundas Biflex	0.000500000000	Verde	88.70	87.00	1:45:00	3:20:00	Probana Biflex	1:35:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	45	34	Fundas Biflex	0.000500000000	Verde	82.60	80.90	3:20:00	4:45:00	Probana Biflex	1:25:00
Giorgio	4061b	01/09/2014	1	48	34	Fundas Biflex	0.000500000000	Verde	75.80	73.10	4:45:00	6:05:00	Probana Biflex	1:20:00
Giorgio	4062a	01/09/2014	2	2	34	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	70.75	68.75	8:35:00	9:55:00	Fanja Lila Biflex	1:20:00
Giorgio	4062a	01/09/2014	2	5	34	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	69.50	67.70	9:55:00	11:15:00	Fanja Lila Biflex	1:20:00
Giorgio	4062a	01/09/2014	2	8	34	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	85.40	83.40	11:15:00	13:05:00	Fanja Lila Biflex	1:50:00
Giorgio	4062a	01/09/2014	2	11	34	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	37.55	36.00	13:05:00	13:45:00	Fanja Lila Biflex	0:40:00
Giorgio	4062a	01/09/2014	2	15	32	Fundas Biflex	0.000010256410	Verde	43.60	40.60	13:45:00	15:00:00	Fanja Lila Biflex	1:15:00
Giorgio	4062a	01/09/2014	2	17	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	97.85	95.85	15:00:00	16:35:00	Biflex Rabe Marun	1:35:00
Giorgio	4062a	01/09/2014	2	22	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	76.55	74.10	16:35:00	18:00:00	Biflex Rabe Marun	1:25:00
Giorgio	4062b	01/09/2014	2	26	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	106.00	104.30	18:00:00	19:40:00	Biflex Rabe Marun	1:40:00
Giorgio	4062b	01/09/2014	2	30	34	Fundas Biflex	0.000600000000	Verde	75.10	72.40	19:40:00	21:00:00	Biflex Rabe Marun	1:20:00
Giorgio	4062b	01/09/2014	2	32	34	Fundas Biflex	0.0000104928	Verde	91.70	88.50	21:00:00	22:45:00	M. Marquez Biflex	1:45:00
Giorgio	4062b	01/09/2014	2	36	34	Fundas Biflex	0.0000104928	Verde	86.80	85.10	22:45:00	0:20:00	M. Marquez Biflex	1:35:00
Giorgio	4062b	01/09/2014	2	39	34	Fundas Biflex	0.0000104928	Verde	79.70	78.00	0:20:00	1:45:00	M. Marquez Biflex	1:25:00
Giorgio	4062b	01/09/2014	2	42	34	Fundas Biflex	0.0000104928	Verde	85.00	83.50	1:45:00	3:20:00	M. Marquez Biflex	1:35:00
Giorgio	4062b	01/09/2014	2	46	34	Fundas Biflex	0.0000104928	Verde	81.70	80.00	3:20:00	4:45:00	M. Marquez Biflex	1:25:00

¹² Se tomo una muestra de la tabla completa que tiene 15 columnas y 2197 filas. La base de datos completa esta en el CD adjunto a este documento.