



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

**Plan de mejora en los procesos de producción de Capuchón Tesalia y
Galón Marcseal en la planta de conformado de plástico mediante la
Metodología Seis Sigma**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de:
Ingeniero/a en Producción Industrial

Profesor Guía:
Ingeniero José Toscano

AUTORES:
CHRISTIAN FABIÁN JARAMILLO FEIJOO
JULIETA ESTEFANIA PÉREZ CHÁVEZ

Año
2011

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

José Toscano
Ingeniero
C.I.: 171519528-3

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Christian Jaramillo Feijoo

C.I.: 171453584-4

Julieta Pérez Chávez

C.I.: 140055106-3

AGRADECIMIENTOS

Todo mi amor y gratitud para mis padres por su comprensión, sacrificio y apoyo incondicional.

Los amo.

Muchas gracias a la Universidad de las Américas por todos los conocimientos impartidos y el maravilloso apoyo de todos quienes la componen.

A mi familia por el apoyo y cariño inigualables.

Mi cariño y gratitud para Alejandro por estar junto a mí durante todo este proceso.

Gracias a todos mis compañeros de universidad y amigos que han hecho de esta una gran experiencia.

Y finalmente un montón de gracias a Christian por la paciencia y el ánimo.

¡Lo logramos Chris!

Julieta

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis de grado si bien ha requerido del esfuerzo y dedicación por parte de los autores y del tutor de tesis, su finalización no hubiese sido posible sin la cooperación desinteresada y soporte de aquellas personas que fueron compañía en todo el periodo de estudio. Primeramente gracias a Dios por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. Gracias a mi familia por su esfuerzo realizado, a mis padres Fabian y Nancy, por el apoyo y ánimo, a mi hermana Alexandra por el ejemplo y colaboración. A Andrea por ser la persona que ha compartido el mayor tiempo a mi lado, por su empuje y alegría. En General a cada una de las personas que vivieron la realización de esta tesis con sus altos y bajos, por su apoyo, ánimo y amistad.

Christian

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente a nivel mundial toda organización y sus altos directivos buscan métodos que ayuden a optimizar los procesos, disminuir costos, aumentar la calidad y ser líderes en el mercado. Es debido a esto que se recurre a métodos de mejora que faciliten posicionar a una empresa en lo más alto del mercado que maneje y así crecer en el mundo empresarial.

La presente tesis de grado consiste en un plan de mejora para los procesos de Producción de los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. Estos son los productos estrella para la organización, debido al volumen de producción, venta, exigencia de los clientes, etc. Los procesos para la fabricación de los productos en cuestión son el de Soplado e Inyección de plástico, específicamente Polietileno de alta y de baja densidad. El Proyecto de tesis realizado en la planta de conformado de plástico ubicada en el sector industrial Norte de Quito, se realizó mediante la metodología Seis Sigma. Esta metodología de mejora se basa en disminuir la variabilidad de los procesos. La realización de este proyecto de tesis tiene como objetivo principal el de entregar un plan de mejora a la empresa. La planta tendrá la decisión de realizar las mejoras propuestas y los cambios necesarios para que los procesos sean optimizados y se mejore la calidad de los productos. Así también se entregó un plan de control para lograr mantener las mejoras que se apliquen en los procesos y estandarizar las propuestas en los demás productos que la empresa fábrica.

La aplicación de la metodología se realiza a través de métodos experimentales y de medición que la misma metodología abarca. Seis Sigma utiliza las herramientas llamadas DMAMC, en donde se procede a definir el proceso y el problema, medir y cuantificar el proceso, analizar las posibles causas de error, realizar las mejoras necesarias y controlar el correcto funcionamiento de los procesos. Las mediciones se obtuvieron directamente en el estudio de los procesos y productos en cuestión en la misma empresa. Los resultados

obtenidos serán analizados y expuestos a los miembros de la alta dirección de la empresa, en conjunto con las mejoras propuestas.

ABSTRACT

Currently worldwide every organization and its senior managers seek methods that help optimize processes, reduce costs, improve quality and be leaders in the market. It is because of this that improvement methods to provide a firm position at the top of the market therefore growing in the business world are required.

This thesis consists of an improvement plan for the production processes of products Capuchón Tesalia and Galón Marcseal. These are the top products for the organization due to production volume, sales, customer demand, etc. The processes for manufacturing the products in question are Blow Molding and Injection Molding of plastic, specifically polyethylene high and low density. The thesis project carried out in plastic forming plant located in the industrial north of Quito was performed using the Six Sigma methodology. This improvement methodology is based on reducing process variability. The realization of this thesis project has as its principal objective of delivering a plan of improvement to the company. The plant will have to make the decision to carry out the proposed improvements and changes needed for the processes to be optimized and to improve product quality. Also there was given a management plan in order to maintain the improvements that are applied in the processes and to standardize proposals in other products the company manufactures.

The application of the methodology is performed through experimental methods and measurements that the same methodology covers. Six Sigma uses tools called DMAIC, where it proceeds to define the process and the problem, measure and quantify the process, analyze the possible causes of error, make the necessary improvements and monitor the proper functioning of the process. The measurements were obtained directly in the study of processes and products in question in the same company. The results will be analyzed and presented to members of senior management of the company, along with the proposed improvements.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1 ANTECEDENTES	3
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 General	4
1.1.2 Específicos.....	5
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
1.3 ALCANCE	7
CAPÍTULO II	9
2 MARCO TEÓRICO	9
2.1 DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA (6σ).....	9
2.2 COSTOS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.....	11
2.3 BENEFICIOS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA	11
2.3.1 Beneficios Financieros	12
2.3.2 Beneficios a los Clientes	12
2.3.3 Beneficios a los Empleados	13
2.3.4 Beneficios de Calidad	14
2.4 EQUIPO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA (6σ)	14
2.4.1 Alta Dirección	14
2.4.2 Campeón	15
2.4.3 Cinturón Negro.....	15
2.4.4 Cinturón Verde.....	16
2.4.5 Miembros del Equipo	16
2.5 VARIACIÓN EN LOS PROCESOS	16
2.5.1 Causas Comunes de Variación.....	18
2.5.2 Causas Especiales de Variación.....	19
2.6 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS.....	19
2.6.1 Media	20
2.6.2 Mediana	20
2.6.3 Rango	20
2.6.4 Moda.....	21
2.6.5 Desviación Estándar	21
2.6.6 Varianza.....	21
2.6.7 Distribuciones de Probabilidad.....	21
2.6.7.1 Distribución Binomial.....	22
2.6.7.2 Distribución de Poisson.....	22
2.6.7.3 Distribución Normal	23

2.7	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA (6σ)	23
2.7.1	Fase Definir	24
2.7.2	Fase Medir	25
2.7.3	Fase Analizar	25
2.7.4	Fase Mejorar	26
2.7.5	Fase Controlar	27

CAPÍTULO III..... 28

3 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL..... 28

3.1	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	28
3.1.1	Misión	28
3.1.2	Visión	28
3.1.3	Macroproceso	28
3.1.4	Infraestructura y Ubicación	29
3.1.4.1	Localización	29
3.1.4.2	Distribución de la Planta	30
3.1.5	Organigrama	31
3.1.6	Principales Clientes	32
3.1.6.1	The Tesalia Springs Company	32
3.1.6.2	Marcseal	32
3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	32
3.2.1	Inyección	32
3.2.1.1	Maquinaria	33
3.2.1.2	Parámetros	35
3.2.2	Soplado	38
3.3	HERRAMIENTAS Y HERRAJES	42
3.3.1	Chiller	42
3.3.2	Compresor de Aire	43
3.3.3	Molde	44
3.3.4	Bridas	46
3.3.5	Grúa Hidráulica	46
3.3.6	Tecla	47
3.4	DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS	48
3.4.1	Capuchón Tesalia	49
3.4.1.1	Material	49
3.4.1.2	Pigmento	50
3.4.1.3	Características Técnicas	51
3.4.1.4	Características Técnicas del Empaque	53
3.4.1.5	Gráfico en SolidWorks de Capuchón Tesalia	54
3.4.2	Galón Marcseal	55
3.4.2.1	Material PEAD	56
3.4.2.2	Características Técnicas	57
3.4.2.3	Características Técnicas del Empaque	58
3.4.2.4	Gráfico en SolidWorks de galón Marcseal	59
3.5	MANEJO DE PRODUCTO NO CONFORME Y MATERIAL SOBRANTE	60

CAPÍTULO IV 61

4 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROPUESTA 61

4.1	DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	61
4.2	FASE DEFINIR.....	61
4.2.1	Matriz de Priorización.....	61
4.2.1.1	Matriz de Priorización Capuchón Tesalia	62
4.2.1.2	Matriz de Priorización Galón Marcseal	67
4.2.2	Características Críticas	70
4.2.2.1	Características Críticas Capuchón Tesalia.....	70
4.2.2.2	Características Críticas Galón Marcseal	78
4.2.3	Diagrama SIPOC	85
4.2.4	Cuadro del Proyecto	86
4.3	FASE MEDIR	87
4.3.1	Diagrama SIPOC Detallado	88
4.3.2	Mediciones de Defectos en los Productos	91
4.3.2.1	Defectos en los Aspectos Físicos Capuchón Tesalia.....	91
4.3.2.2	Defectos en los Aspectos Físicos Galón Marcseal.....	92
4.3.3	Validación del Sistema de Medición	93
4.3.3.1	Validación de las Mediciones del Pie de Rey	94
4.3.3.2	Validación de las Mediciones de la Balanza.....	95
4.3.4	Análisis de la Capacidad del Proceso	97
4.3.4.1	Capacidad del Proceso Capuchón Tesalia.....	100
4.3.4.2	Capacidad del Proceso Galón Marcseal	101
4.4	FASE ANALIZAR.....	103
4.4.1	Diagrama de Espina de Pescado.....	104
4.4.2	Diagrama de Árbol de Causas	108
4.4.3	Análisis Multi-Vari	109
4.4.3.1	Análisis Multi-Vari Capuchón Tesalia	110
4.4.3.2	Análisis Multi-Vari Galón Marcseal	114
4.4.4	Análisis de Fallas Potenciales.....	120
4.5	FASE MEJORAR.....	124
4.5.1	Definición de Objetivos y Medios	124
4.5.2	Plan de Mejora	126
4.5.2.1	Propuesta de Hoja de Verificación para el Cambio de Molde	133
4.5.2.2	Propuesta de Diseño de Planta	135
4.6	FASE CONTROLAR.....	136
4.6.1	Análisis de la Nueva Capacidad del Proceso del Capuchón Tesalia	137
4.6.2	Análisis de la Nueva Capacidad del Proceso del Galón Marcseal	138
4.6.3	Análisis de la Nueva Medición de Defectos en el Capuchón Tesalia	139

4.6.4 Análisis de la Nueva Medición de defectos en el Galón Marcseal	140
CAPITULO V	142
5 ANÁLISIS BENEFICIO – COSTO.....	142
5.1 COSTOS	142
5.2 INGRESOS ESTIMADOS	143
5.3 RENTABILIDAD ANUAL DE LA INVERSIÓN	143
CAPÍTULO VI.....	145
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	145
6.1 CONCLUSIONES.....	145
6.2 RECOMENDACIONES	146
Bibliografía	148
Terminología	149
Anexos	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Número de Empleados en la Planta de conformado de plástico	3
Tabla 3.1	Valores de temperatura y presión para la inyección de plásticos.	37
Tabla 3.2	Características Técnicas Capuchón Tesalia.	51
Tabla 3.3	Características Técnicas del Empaque.	53
Tabla 3.4	Características Técnicas Galón Marcseal.	57
Tabla 3.5	Características Técnicas del empaque.	58
Tabla 4.1	Priorización de criterios para los capuchones.	63
Tabla 4.2	Comparación de capuchones para el criterio Alto volumen de producción.....	64
Tabla 4.3	Comparación de capuchones para el criterio Baja exigencia del cliente.	64
Tabla 4.4	Comparación de capuchones para el criterio Bajo Costo de Producción.	64
Tabla 4.5	Comparación de capuchones para el criterio Pocas Devoluciones de PNC.	65
Tabla 4.6	Comparación de capuchones para el criterio Alta rotación.	65
Tabla 4.7	Matriz síntesis de Capuchones.	66
Tabla 4.8	Priorización de criterios para los Galones.	67
Tabla 4.9	Comparación de galones para el criterio Alto volumen de producción.....	67
Tabla 4.10	Comparación de galones para el criterio Baja exigencia del cliente.....	68
Tabla 4.11	Comparación de galones para el criterio Bajo costo de producción.....	68
Tabla 4.12	Comparación de galones para el criterio Pocas devoluciones de PNC.....	68
Tabla 4.13	Comparación de galones para el criterio Alta rotación.	69
Tabla 4.14	Matriz síntesis para los galones.	69

Tabla 4.15	Matriz del índice de prioridad para las CTS del Capuchón Tesalia.....	73
Tabla 4.16	Matriz de relación entre CTS y CTY para el Capuchón Tesalia.....	75
Tabla 4.17	Matriz de relación entre CTY y CTX de Capuchón Tesalia.	77
Tabla 4.18	Matriz del Índice de Prioridad para el Galón Marcseal.	79
Tabla 4.19	Matriz de relación entre CTS y CTY del Galón Marcseal.	82
Tabla 4.20	Matriz de relación entre CTY y CTX del Galón Marcseal.	84
Tabla 4.21	Diagrama SIPOC macro del proceso de inyección para el Capuchón Tesalia.	86
Tabla 4.22	Diagrama SIPOC macro del proceso de soplado para el Galón Marcseal.	86
Tabla 4.23	Cuadro del proyecto	87
Tabla 4.24	Resultados de las mediciones de defectos en el Capuchón Tesalia.....	91
Tabla 4.25	Resultados de las mediciones de defectos en el Galón Marcseal.....	92
Tabla 4.26	Tiempo de Inyección y Enfriamiento en Capuchón Tesalia.....	111
Tabla 4.27	Mediciones diámetro interno Capuchón Tesalia.....	111
Tabla 4.28	Parámetros para variación del peso del Galón Marcseal.	114
Tabla 4.29	Mediciones del peso del Galón Marcseal.....	115
Tabla 4.30	Parámetros variación del diámetro externo del Galón Marcseal.....	117
Tabla 4.31	Mediciones del diámetro externo del Galón Marcseal.....	118
Tabla 4.32	Índice de severidad e índice de ocurrencia.	121
Tabla 4.33	Análisis Fallas Potenciales Capuchón Tesalia.	122
Tabla 4.34	Análisis Fallas Potenciales Galón Marcseal.....	123
Tabla 4.35	Acciones de mejora para fallas Potenciales en Capuchón Tesalia.....	127
Tabla 4.36	Acciones de mejora para fallas Potenciales en Galón Marcseal.....	129
Tabla 4.37	Resumen Plan de mejora.....	133

Tabla 4.38	Hoja de verificación cambio de molde Capuchón Tesalia.	134
Tabla 4.39	Hoja de verificación cambio de molde Galón Marcseal.	135
Tabla 4.40	Nuevas mediciones de defectos del Capuchón Tesalia.	140
Tabla 4.41	Nuevas mediciones de defectos del Galón Marcseal.	141
Tabla 5.1	Análisis de costos por mejoras.	142
Tabla 5.2	Rentabilidad anual de la inversión.	144

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1	Gráfica de Distribución	22
Gráfico 2.2	Fases de la metodología 6 σ	24
Gráfico 3.1	Macroproceso Planta de conformado de Plástico.	29
Gráfico 3.2	Mapa Localización Planta de conformado de Plástico.	29
Gráfico 3.3	Distribución Planta de conformado de Plástico.	30
Gráfico 3.4	Organigrama Planta de conformado de Plástico.	31
Gráfico 3.5	Ilustración de la unidad de inyección.....	33
Gráfico 3.6	Máquina de Inyección	34
Gráfico 3.7	Diagrama de flujo del proceso de inyección.....	38
Gráfico 3.8	Representación del Parison.	39
Gráfico 3.9	Partes de la máquina de soplado.....	40
Gráfico 3.10	Sujetadores Máquina de soplado.....	41
Gráfico 3.11	Diagrama de flujo del proceso de soplado.	41
Gráfico 3.12	Chiller enfriador de agua.....	43
Gráfico 3.13	Compresor de aire.....	44
Gráfico 3.14	Molde Capuchón Tesalia.....	45
Gráfico 3.15	Molde Galón Marcseal.	45
Gráfico 3.16	Brida de Seguridad.....	46
Gráfico 3.17	Grúa Hidráulica.	47
Gráfico 3.18	Tecele.	47
Gráfico 3.19	Polietileno en forma de pellet.	48
Gráfico 3.20	Capuchón Tesalia.	49
Gráfico 3.21	Polietileno de Alta Densidad (PEAD).	50
Gráfico 3.22	Pigmento Violeta 02.	51
Gráfico 3.23	Características Técnicas Capuchón Tesalia.	52
Gráfico 3.24	Liner de seguridad para el Capuchón Tesalia.....	52
Gráfico 3.25	Capuchón Tesalia empacado en funda plástica.....	53
Gráfico 3.26	Capuchón Tesalia almacenado en cartón corrugado.....	54
Gráfico 3.27	Diseño en Solidworks de Capuchón Tesalia.....	55
Gráfico 3.28	Galón Marcseal.....	56

Gráfico 3.29 Polietileno de alta densidad (PEAD).	57
Gráfico 3.30 Características Técnicas Galón Marcseal.	58
Gráfico 3.31 Galón Marcseal empacado.	59
Gráfico 3.32 Diseño en Solidworks de Galón Marcseal.	59
Gráfico 3.33 Material sobrante Galón Marcseal.	60
Gráfico 3.34 Producto no Conforme Capuchón Tesalia.	60
Gráfico 4.1 Diagrama de árbol CTS Capuchón Tesalia.	72
Gráfico 4.2 Pareto del índice de prioridad del Capuchón Tesalia	73
Gráfico 4.3 Diagrama de árbol CTY Capuchón Tesalia.	74
Gráfico 4.4 Pareto de CTY del capuchón Tesalia.	75
Gráfico 4.5 Diagrama de árbol CTX del Capuchón Tesalia.	76
Gráfico 4.6 Pareto de CTX del Capuchón Tesalia.	78
Gráfico 4.7 Diagrama de árbol de las CTS del Galón Marcseal.	79
Gráfico 4.8 Pareto del índice de prioridad para el Galón Marcseal.	80
Gráfico 4.9 Diagrama de árbol CTY Galón Marcseal.	81
Gráfico 4.10 Pareto de las CTY del Galón Marcseal.	82
Gráfico 4.11 Diagrama de árbol CTX Galón Marcseal.	83
Gráfico 4.12 Pareto de las CTX del Galón Marcseal.	85
Gráfico 4.13 Diagrama SIPOC detallado del proceso de inyección para el Capuchón Tesalia.	89
Gráfico 4.14 Diagrama SIPOC detallado del proceso de soplado para el Galón Marcseal.	90
Gráfico 4.15 Defectos en el Capuchón Tesalia.	92
Gráfico 4.16 Defectos en el Galón Marcseal.	93
Gráfico 4.17 Pie de Rey graduado en mm.	94
Gráfico 4.18 Isoplot Capuchón Tesalia.	95
Gráfico 4.19 Balanza de pesaje.	96
Gráfico 4.20 Isoplot Galón Marcseal.	97
Gráfico 4.21 Índice Cp.	98
Gráfico 4.22 Capacidad para un proceso Seis sigma.	99
Gráfico 4.23 Capacidad de proceso del diámetro interno Capuchón Tesalia.	100

Gráfico 4.24 Índice de Capacidad del Proceso de Capuchón Tesalia	101
Gráfico 4.25 Capacidad de proceso del peso de Galón Marcseal	102
Gráfico 4.26 Índice de Capacidad del Proceso Galón Marcseal.....	103
Gráfico 4.27 Diagrama de espina de pescado para la presencia de rebaba en el Capuchón Tesalia.	105
Gráfico 4.28 Diagrama de espina de pescado para la presencia de rebaba en el Galón Marcseal	107
Gráfico 4.29 Diagrama de árbol para la variabilidad del diámetro interno en el Capuchón Tesalia.....	108
Gráfico 4.30 Diagrama de árbol para la variabilidad del peso en el Galón Marcseal.	109
Gráfico 4.31 Multi-vari Capuchón Tesalia diámetro interno en caliente.....	112
Gráfico 4.32 Multi-vari Capuchón Tesalia diámetro interno en frío	112
Gráfico 4.33 Multi-vari Capuchón Tesalia tiempo de ciclo	113
Gráfico 4.34 Multi-vari Galón Marcseal peso en caliente.....	115
Gráfico 4.35 Multi-vari Galón Marcseal peso en frío.....	116
Gráfico 4.36 Multi-vari diámetro externo Galón Marcseal en caliente.....	119
Gráfico 4.37 Multi-vari diámetro externo Galón Marcseal en frío.....	120
Gráfico 4.38 Diagrama de árbol de objetivos.....	125
Gráfico 4.39 Propuesta del diseño de planta.....	136
Gráfico 4.40 Análisis nueva Capacidad del Procesos Capuchón Tesalia.....	138
Gráfico 4.41 Análisis nueva Capacidad del Procesos Galón Marcseal.	139
Gráfico 4.42 Nuevas mediciones de Defectos Capuchón Tesalia.	140
Gráfico 4.43 Nuevas mediciones de Defectos del Galón Marcseal.	141

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Media en un conjunto de mediciones (2.1).....	20
Mediana en un conjunto de mediciones (2.2).....	20
Rango en un conjunto de mediciones (2.3).....	20
Desviación Estándar en un conjunto de mediciones (2.4).....	21
Varianza en un conjunto de mediciones (2.5)	21
Distribución Binomial (2.6).....	22
Distribución de Poisson (2.7).....	23
Distribución Normal (2.8).....	23
Fórmula de la Capacidad del Proceso (4.1)	98
Fórmula de la Capacidad Real del Proceso (4.2).....	99

INTRODUCCIÓN

La empresa de conformado de plástico en donde se realizó el proyecto de tesis, tiene 12 años de existencia en el mercado ecuatoriano. Recientemente esta organización cambio la ubicación de sus instalaciones al sector Industrial Norte de Quito. El objetivo de la empresa es crecer en infraestructura y capacidad instalada y para esto vendió la maquinaria antigua que incurría en detenciones de la producción por fallas mecánicas y compró nuevas máquinas que buscan aumentar la capacidad productiva, pasando de ser una empresa natural a una compañía limitada.

La planta de conformado de plástico maneja dos procesos productivos: el de inyección y soplado de plástico para la elaboración de variedad de productos bajo pedido. El aplicar la metodología de mejora de procesos Seis Sigma (6σ)¹ en estos procesos, traerá grandes logros a la organización. Esta metodología se enfoca en la mejora de procesos y está centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo disminuir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio a los clientes.

Por decisión de la alta dirección de la planta de conformado de plástico, el número de personal administrativo creció así como el de los operarios que manejan la nueva maquinaria para abastecer a la planta y crecer en la capacidad instalada de producción. Esta se refiere al volumen de producción que se puede obtener con los recursos disponibles en una organización. La capacidad instalada aproximada de la planta es de 1700 kg de plástico por día. Esta cantidad fue obtenida por medio del estudio de medición realizado en la empresa sin tomar en cuenta el paro de las máquinas o detenciones en la producción. Estas detenciones pueden suceder por causas especiales como las detenciones de producción por parte de los operarios al momento de ocurrir un error en la maquinaria. Así también existen detenciones planificadas como

¹ Símbolo utilizado para representar la metodología Seis Sigma.

son mantenimientos que se realiza a diario a la maquinaria y la calibración de las mismas.

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES

La organización presenta la facilidad de aplicar y desarrollar herramientas y métodos de mejora, así como de proporcionar la información necesaria y accesibilidad a la planta, dando la apertura para las propuestas e implementación de varios métodos de mejoramiento. La empresa trabaja todos los días de la semana con dos turnos de 12 horas. El turno de la mañana tiene mayor número de empleados y por consiguiente mayor producción. La planta de conformado de plástico tiene una división clara de sus áreas como son, el área administrativa, donde se encuentran las oficinas de la alta dirección, la planta productiva, serigrafía, área de almacenamiento de materia prima y área de producto terminado. La empresa cuenta con los siguientes empleados:

Tabla 1.1: Número de Empleados en la Planta de conformado de plástico

Empleados:	
Planta de Producción:	
Operarios Turno mañana	22
Operarios Turno noche	9
Mantenimiento:	2
Producción y Calidad:	2
Área Administrativa:	
Ventas y Promocional:	5
Contabilidad:	3
Facturación:	1
Gerencia:	6
Área Serigrafía:	5
Total:	55

Fuente: Planta de Conformado de Plástico, 2011.

Los altos directivos de la empresa recientemente crearon el departamento de producción y calidad con la entrada de personal capacitado y conocedor en el área. Este personal se encargará de llevar la línea productiva de manera eficaz y eficiente como son las ordenes de producción, inventarios, registros de calidad en los productos, manejo directo con el personal de planta como es la supervisión del desarrollo de sus actividades, entrada de materia prima, despacho de los productos terminados, manejo de la logística y la distribución a los clientes que requieren el servicio de transporte.

La organización busca crecer en la capacidad de producción de la planta, mejorar la productividad de la misma, disminuir costos, mejorar la calidad de sus productos, aumentar el desempeño de sus operarios y eliminación de desperdicios, pudiendo así aplicar los conocimientos que ofrece la carrera en producción industrial. En base a estos antecedentes la empresa ha recurrido a la investigación de métodos de mejora en todas las áreas de la misma. En la labor diaria el mayor problema que se ha encontrado es en los procesos de producción de Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. Estos son los productos estrella de la empresa y los que tienen más exigencia de los clientes, ya sea en características inherentes al producto, entrega y manejo de los mismos. El Capuchón Tesalia es utilizado para el sellado de bidones de agua Tesalia, mientras que el Galón Marcseal es el envase para salsa de tomate en la empresa Marcseal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

Elaborar un plan de mejora aplicando la metodología Seis sigma en los procesos de producción de los productos, Capuchón Tesalia y Galón Marcseal, en la planta de conformado de plástico ubicada en la ciudad de Quito.

1.1.2 Específicos

- Realizar el levantamiento de los procesos mediante los cuales se realiza los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal.
- Optimizar los índices de capacidad del proceso, reduciendo la variabilidad en la producción de Capuchón Tesalia y Galón Marcseal.
- Reducir los defectos en los productos terminados Capuchón Tesalia y Galón Marcseal.
- Determinar la relación Beneficio – Costo para conocer la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En este proyecto de tesis para la planta de conformado de plásticos se propuso un plan de mejora para la organización. Esta empresa decidirá la implementación de las soluciones propuestas. Así como de las mejoras que se encuentren para los problemas que puedan existir dentro de la línea de producción en los dos procesos productivos de Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. Igualmente a partir de la investigación se corregirán los problemas que puedan existir dentro de la línea de producción en los dos procesos productivos de Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. Por lo tanto se llevará un control para no incurrir en otros problemas posibles si no son monitoreados por los encargados de los procesos y se aportarán grandes beneficios para la empresa mediante el uso de la metodología 6σ .

El principal beneficio que se espera para la organización es el aumento de la calidad de los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal, adquiriendo un mejor posicionamiento con ambos clientes. Para esto, se debe trabajar directamente en los procesos de Inyección y Soplado, como la disminución de defectos con las herramientas de la metodología 6σ .

Otros de los beneficios claves que se busca es el incremento del desempeño de los operarios y mayor competencia al momento de realizar las actividades en sus puestos de trabajo. Adicionalmente se vigilará el cumplimiento de las funciones para lo que han sido contratados, ya que estos se encuentran involucrados directamente en los procesos y son el recurso con mayor participación en la cadena de valor de la empresa. De esta manera se busca que los operarios disminuyan la probabilidad de cometer errores que afecten a los procesos y por lo tanto en la calidad del producto terminado y aumento de costos innecesarios.

La planta de conformado de plástico cuenta con una capacidad instalada que no está siendo utilizada al máximo, debido a la detención de la maquinaria por abastecimiento de material, calentamiento y calibración de la maquinaria por parte de los operarios. Existen también causas especiales como cortes de energía eléctrica, o mantenimientos correctivos en la maquinaria. El principal motivo de desaprovechamiento de la capacidad de la empresa son las matrices o moldes de donde se obtendrá la forma del producto, ya que al no estar en estado óptimo, no se puede obtener en su totalidad la producción para la que fueron manufacturados. El cambio de molde les lleva a los operarios varias horas en el desmontaje y montaje, por lo tanto se desperdician recursos y tiempo en la producción. El aprovechamiento de toda la capacidad se deriva como un elemento necesario para lograr el incremento de la productividad y se lo puede considerar como un beneficio asociado al utilizar la metodología 6σ .

La empresa esta adaptándose actualmente a ciertas mejoras por medio de las herramientas de lean manufacturing² y sus 5 s's.³ En conjunto con la metodología 6σ se espera aportar con beneficios que permitirán implantar el concepto de mejora continua no solamente para los productos en que se enfocó este proyecto de tesis, sino para todos los que se fabrican en la empresa. La organización podrá enfocar el uso de las herramientas de la metodología 6σ en los demás productos que demande y requieran una

² Filosofía de Producción que reduce el tiempo entre el pedido y la entrega del producto.

³ Filosofía que se basa en organizar y estandarizar el lugar de trabajo.

disminución en la variabilidad de sus procesos de producción. Los beneficiarios son todos los que conforman la organización desde el Gerente en la Alta Dirección, pasando por cada uno de los empleados y operarios en todas las áreas que constituyen a la empresa.

1.3 ALCANCE

El proyecto se basó en proponer un plan de mejora a la empresa de conformado de plástico en los procesos de Inyección y Soplado para producir Capuchón Tesalia y Galón Marcseal respectivamente. La aplicación de las herramientas que posee la metodología 6σ es fundamental, desde la calibración de la maquinaria y abastecimiento de materia prima hasta la entrega del producto terminado a el área de bodega en la planta de conformado de plástico. Luego, se empezará con el levantamiento de los procesos de inyección y soplado para la realización de los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal, desde que se recibe un pedido de producción y una orden en planta, hasta que el producto terminado este almacenado en bodega.

Es importante realizar un análisis de las características técnicas de los productos, así como evaluar y definir los puntos críticos en donde se aplicará la mejora, ya sea según los requerimientos del cliente, en el producto o en el proceso en sí.

Una vez analizados los procesos, se procederá a la recolección de datos para aplicar las herramientas en cada una de las etapas establecidas por la metodología. Es importante definir el estado actual de los procesos y encontrar las causas de las variaciones en las características técnicas, calidad de los productos, y demás variables que afecten directa e indirectamente a ambos procesos. Tomando en cuenta estas variaciones se procederá a realizar un análisis más profundo para determinar las estrategias necesarias y poder mejorar la calidad de los productos. Luego se buscará eliminar las causas especiales que provoquen estas fallas a lo largo del proceso. Las acciones que

se tomen requerirán de la aplicación de conocimientos de la carrera de Ingeniería en Producción Industrial y de la metodología 6σ.

Finalmente, unificando las estrategias y soluciones adecuadas, se realizará un plan completo para proponer a la organización métodos para mejorar continuamente y eliminar los defectos, fallas y los problemas encontrados en los procesos de producción de Capuchón tesalia y Galón Marcseal. De esta manera la empresa estará en capacidad de decidir si implementa el plan de mejora, si es considerado como necesario y realizar un control para el continuo mejoramiento de ambos procesos.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA (6σ)

Para conocer la metodología 6σ se debe conocer previamente lo que es la letra griega Sigma (σ). Sigma es una medida de cantidad de la variabilidad que existe cuando medimos algún parámetro, como puede ser en el caso de las características de los productos Capuchón tesalia y Galón Marcseal. Siempre existen muchas características importantes o críticas para la calidad de los productos, y estas pueden ser medidas al momento de recolectar datos. El valor de sigma es siempre desconocido y es utilizado en la estadística para representar el desvío estándar de una distribución. La desviación estándar es una medida de dispersión para diversas variables en un proceso o producto y se utiliza para conocer con detalle un conjunto de datos y el concepto más detallado se analizará más adelante en este capítulo.

Sigma nos proporciona las distancias que tienen los datos respecto de su media y se puede tener una mejor perspectiva de estos al momento de describirlos y para poder interpretarlos. Si el valor de sigma es elevado, nos indica que hay alta variabilidad en el producto. Si el valor de sigma es bajo entonces el producto tiene poca variabilidad. En conclusión cuanto menor sea el valor de sigma, mejor será la característica del producto o proceso que está siendo medido y lo ideal es producir productos uniformes con casi ninguna variabilidad. (Enciclopedia Encarta, 2010; Enciclopedia Wikipedia, 2011).

Eckes (2004) indica que 6σ es una iniciativa por parte de la alta dirección y se está aplicando en el mundo entero a un sinnúmero de empresas. La meta de 6σ es hacer a la empresa más eficaz y eficiente en los procesos que desarrolla. Eficacia es el grado en el cual una organización satisface o supera los

requisitos de sus clientes. La eficiencia se refiere a los recursos que consume para alcanzar esa eficacia. El enfoque de la metodología 6σ es el disminuir la variabilidad en las características que afectan a la calidad de un producto y reducir los defectos en un producto para que en el momento de su entrega cumpla con los requerimientos y especificaciones del cliente. Por lo tanto la metodología 6σ mide y analiza la calidad y capacidad de un proceso según las características de los productos realizados en una organización. El objetivo de esto es conseguir la excelencia en el producto que se ofrece al cliente, tomando en cuenta las actividades, maquinaria, equipos y personal involucrado en cada área de la organización.

En Brue & Howes (2006), la metodología 6σ tiene tres definiciones importantes. Primero, se indica que 6σ es una meta de calidad en la que se busca tener cero defectos, errores o fallas, por lo tanto significa un nivel de calidad en el que un proceso esté produciendo solamente 3,4 Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO). Esto nos dice que como meta por cada millón de unidades producidas en una organización, al estar en nivel 6σ , se tendrán como máximo 3,4 unidades defectuosas o con errores de ese total de un millón de unidades fabricadas. Es decir que al tener un nivel menor a 6σ , el nivel de calidad es bajo, con mayor cantidad de productos no conformes o defectuosos, afectando el nivel de calidad del proceso.

Segundo, la metodología 6σ es una estrategia de solución a los problemas que se encuentren a lo largo de un proceso para así eliminar las causas raíz que producen defectos en los productos terminados. Esta estrategia se basa en el análisis de cada falla en todas las actividades que producen variación en el proceso, y en su reducción o eliminación para evitar incurrir en costos y puedan cumplirse las necesidades de los clientes.

Finalmente, el tercer concepto se basa en la filosofía de la metodología 6σ . Esta filosofía nos habla del comprometimiento de la organización a la mejora continua del proceso. De este modo, la metodología tiene como visión que la

organización sea la mejor en el desarrollo de sus actividades. En el momento que se reducen y eliminan los defectos, el cliente aumenta la satisfacción y la lealtad no solamente al producto, sino también a la organización. La empresa que provee productos o servicios de mayor calidad, con bajos costos y excede los requerimientos del cliente será más competitiva en el mercado y atraerá mayor cantidad de consumidores.

2.2 COSTOS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

Uno de los mayores problemas al momento de decidir implementar la metodología 6σ en una organización son sus costos. La alta dirección cree que al mejorar la calidad de sus productos, aumentarán los costos de producción, pero no es así. Los costos disminuirán paulatinamente con la mejora en los procesos y en la calidad de los productos. A medida que los defectos disminuyen, los costos bajan, la rentabilidad del producto crece y esto aumenta las ventas, logrando mayor demanda y clientes satisfechos. Algunos gastos son necesarios para alcanzar la meta de mejora, como contrataciones de personal experto en la metodología, así como consultores externos que conozcan del tema y entrenamiento al personal que participará como miembro del equipo 6σ . Los costos para aplicar las mejoras en ciertas partes del proceso podrían ser altos pero que a la larga serán una inversión para la empresa. La inversión podrá recuperarse a medida que se sigan mejorando los procesos en todas las áreas de la empresa y es necesario hacer un esfuerzo económico enfocado en la mejora.

2.3 BENEFICIOS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

Los motivos que llevan a una organización a implementar Seis sigma se basan en la búsqueda de la mejora de las actividades que desempeña y la expectativa de obtener resultados que beneficien el trabajo de la organización. Los logros más importantes que alcanza esta metodología están divididos según Brue & Howes (2006) en cuatro áreas fundamentales.

2.3.1 Beneficios Financieros

Una de las razones más importantes para la mayoría de personas al usar la metodología Seis sigma son las finanzas, es decir aumentar sus ganancias al implementarla. El aplicar la metodología Seis Sigma es minimizar costos como perdida de importantes recursos como el tiempo, reprocesos, desperdicios, retrasos y falta de calidad en un producto o servicio. Es sumamente importante reducir y hasta eliminar todas las actividades que no agreguen el valor suficiente dentro de un proceso y maximizar la satisfacción de los clientes al consumir un producto o servicio. La optimización de los procesos hará que la empresa sea más eficiente y no produzca variabilidad, defectos o errores en sus procesos y productos, aumentando la calidad. El recaer en estos problemas de defectos y fallas aumentan el costo de los productos y servicio, por ende defraudan a los clientes produciendo una tendencia a no adquirirlos y más aun si presentan errores que impidan su satisfacción. Al perder consumidores se pierde mercado y no hay reconocimiento como una organización de productos de calidad que tengan demanda por la población y esto lleva a mayores costos y menor ingreso bruto. Las pocas ganancias no alcanzarán para remunerar a los empleados o invertir en tecnología y finalmente mantener a flote un negocio en un mercado competitivo.

2.3.2 Beneficios a los Clientes

Sin clientes una organización no existiría. Por esto es importante atraer, satisfacer y retener a un cliente superando todas las expectativas que puso en un producto o servicio. La captación es importante para un cliente actual y un cliente potencial, debido al interminable poder de consumo de los seres humanos. Así, la metodología se centra en los requerimientos de los clientes y como estos ayudan a la mejora de los procesos, productos y servicios que maneje la empresa. La metodología se enfoca en satisfacer la necesidad del cliente en obtener un producto o servicio más barato, rápido y con mejor calidad. Actualmente los consumidores tienen mayor acceso a la información

de todas las organizaciones disponibles para cualquier área en el mercado por medio del internet y otras vías de comunicación, teniendo mayor libertad para escoger el producto o servicio de mayor calidad, mas barato y de manera más rápida. Seis Sigma ayuda a encontrar las áreas que se deben mejorar dentro del proceso, las causas y los efectos que producen pérdida de clientes lo que significa un crecimiento en la organización.

2.3.3 Beneficios a los Empleados

La metodología 6σ requiere de entrenamiento y desenvolvimiento del personal en todos los niveles de la organización, formando equipos y capacitándolos para aplicar las herramientas que caractericen y optimicen los procesos. Cada vez que un equipo avance en la metodología en cada área de la organización se aumentará la conformidad del personal entrenado y de las interacciones que se hagan a lo largo del proceso de manera uniforme, consistente y continua estando más cerca de alcanzar el 6σ .

Los empleados son la base de toda empresa, tienen decisión en sus puestos de trabajo y tienen acceso a información en varios niveles de la organización, formando parte integral en el proceso 6σ . Estos están involucrados en todos los cambios que se realicen. Los empleados podrán realizar su trabajo de mala manera, desperdiciando tiempo, recursos y dinero, pero el comprometimiento de la empresa al implementar mejoras en cada proceso de la organización, exceder las expectativas de los clientes y reducir costos, fortalece e inspira a los trabajadores. Esta motivación logra que el personal se involucre en los cambios al elevar su desempeño y habilidades, removiendo viejas barreras empresariales al incrementar la comunicación desde la alta dirección a todos los niveles, optimizando el desarrollo de sus actividades y funciones.

La motivación que brinda la metodología 6σ es importante ya que genera un sentido de autoestima en cada empleado. Así, este se verá en la capacidad de hacer la diferencia en el rol que desempeñe. El personal contribuye

significativamente al proceso y al esfuerzo realizado por todos en la organización. Los empleados mejoran tanto la actitud como la cultura cuando son vistos como clientes ya que también tendrán sus necesidades y requerimientos aun estando fuera del lugar de trabajo. La competencia profesional al ser capacitados, da la oportunidad de que apliquen mejoras en actividades donde puedan aportar un cambio. Estos cambios hacen que exista mas positivismo en lo que se encuentren realizando para la empresa.

2.3.4 Beneficios de Calidad

La meta de toda organización es el comprometimiento con la calidad de los productos y servicios que desarrolla, es el complemento con los beneficios económicos, con los clientes y empleados. La metodología 6 σ se enfoca en explotar la iniciativa de la calidad como un poderoso beneficio que crea una imagen en el mercado de una organización con gran reputación y claras ventajas sobre la competencia.

2.4 EQUIPO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA (6 σ)

El equipo de personas que se genere en una organización para aplicar la metodología 6 σ es importante. El personal debe ser capacitado y conocedor del tema, como herramientas estadísticas para la medición y análisis del proceso y técnicas de mejora. Brue & Howes (2006) presentan la división de los roles que desempeña el equipo y a continuación una descripción de los mismos.

2.4.1 Alta Dirección

La decisión de realizar un proyecto de mejora mediante la metodología 6 σ nace de la alta dirección de una organización. Son los encargados de mostrar la determinación a implementar mejoras en todas las áreas de la empresa, así como el liderazgo y motivación a todos los empleados para que se

comprometan con el proyecto. La alta dirección maneja la información en todos los niveles de la organización, por lo tanto son quienes deben comunicar a los miembros del equipo lo necesario para que el trabajo se realice adecuadamente. Finalmente, la alta dirección tiene que mostrar paciencia a pesar de querer obtener resultados positivos en el menor tiempo posible, pero esto se reflejará en el correcto desarrollo de las actividades del equipo y la implementación de mejoras.

2.4.2 Campeón

Los campeones son los llamados dueños del proceso en la organización. Son los que conocen sobre la metodología y las herramientas 6σ . El campeón generalmente fija los objetivos de mejora y dirige la realización del proyecto, proveyendo los recursos y soporte necesarios al resto de integrantes del equipo. A su vez facilita la información de los procesos, monitorea las actividades que se estén realizando, el progreso y cumplimiento de objetivos. El comprometimiento del campeón lo hace total responsable del proyecto 6σ y es quien defenderá ante la alta dirección los resultados del mismo.

2.4.3 Cinturón Negro

El cinturón negro es el miembro del equipo experto en la metodología y las herramientas 6σ . Tiene la función de ayudar a la alta dirección a la correcta selección del resto de miembros. El cinturón negro lidera el equipo y entrena a las personas que estén en niveles inferiores a él, sirve de guía y comunicador del avance y resultados obtenidos directamente con el campeón. Identifica los factores vitales que deben mejorarse en el proceso así como sus causas de variación. Su enfoque radica en resolver los problemas encontrados, haciendo uso de sus habilidades y herramientas adecuadas. Finalmente, dependerá totalmente del comprometimiento del cinturón negro en el proyecto para la correcta utilización de recursos y una adecuada inversión de capital.

2.4.4 Cinturón Verde

Los cinturones verdes son miembros del equipo con el suficiente conocimiento de la metodología y las herramientas 6σ como para asistir permanentemente al cinturón negro en las áreas que se determinen sus funciones. Estos son quienes recolectan las mediciones para ser analizadas, realizan experimentos e importantes tareas a lo largo del proceso. Los cinturones verdes forman el complemento ideal con el resto del equipo al estar involucrados directamente con el proceso.

2.4.5 Miembros del Equipo

Los mismos empleados u operarios de la organización y que manejan el proceso cercanamente, son parte del equipo 6σ . Los empleados no necesariamente tienen conocimientos de la metodología o en la aplicación de las herramientas, es así que dedican solo un bajo porcentaje de su tiempo al proyecto 6σ . Estos están familiarizados directamente con el proceso y por esto se convierten en miembros fundamentales para el proyecto de mejora.

En la planta de conformado de plástico no se cuenta con un equipo de mejora de procesos, que desempeñe cada uno de los roles que la metodología 6σ describe. Por lo tanto, se trabajará con los empleados que conocen el proceso, así como el dueño de los procesos de Soplado e Inyección, quien proporcionara la información necesaria de los mismos y la comunicación con la alta dirección.

2.5 VARIACIÓN EN LOS PROCESOS

Brue & Howes (2006) nos dice que en todos los procesos encontramos variación ya sea en el área de Producción, Contabilidad, Ventas o Logística de una organización. Es así que en los procesos de producción de Soplado e Inyección de la Planta de conformado de plástico, encontramos de manera

implícita a la variación en las características de los productos Galón Marcseal y Capuchón Tesalia. Los productos generados en una misma máquina, en el mismo turno y por el mismo operario no son iguales, a simple vista podrían serlo y para encontrar la diferencia que existe entre ellos es necesario utilizar instrumentos de mayor precisión para realizar mediciones y obtener datos.

Inevitablemente la calidad de un producto está determinada a través de la calidad del proceso que lo fabrica, ya que la variabilidad que caracteriza al proceso afectará directamente al producto. Por consiguiente se busca conocer como cada variable en el proceso afecta a las características de calidad de cierto producto. El llevar un control en el proceso permite manipular y ajustar las variables que cambian las características de los productos, logrando que los procesos sean más estables y se pueda encontrar en que parte del proceso están los defectos y errores. Para mantener el proceso bajo control se debe conseguir que el producto obtenga las características de calidad en su fabricación y que responda a las necesidades de los clientes, para finalmente eliminar las causas por las que existe variabilidad en el proceso productivo.

La metodología 6σ nos dice que la variabilidad de un proceso son las fluctuaciones en las salidas de un proceso, es decir en un producto o servicio. Normalmente se genera en las actividades repetitivas de una organización. El equipo de mejora por lo tanto se debe enfocar al encontrar las causas de las variaciones a lo largo del proceso y en las características de un producto. Las mejoras en el proceso reducen, controlan y hasta eliminan la variación.

Existen dos categorías de causas de variación en los procesos, llamadas comunes y especiales. La mayor diferencia entre ambas es su naturaleza ya que las causas comunes son inherentes en el proceso y las especiales pueden ser externas. Las causas comunes requieren estrategias a largo plazo en el manejo del proceso para identificarlas, entenderlas y reducirlas. Por otro lado, las variaciones especiales requieren acción inmediata. Los miembros del equipo 6σ deben eliminar estas causas antes de trabajar estabilizando el

proceso y proceder a la mejora. Generalmente encontramos que el 85% de la variación en los procesos de una organización está dado por causas comunes y el 15% por causas especiales. Para reducir la variación encontrada en las características de un producto se debe primeramente poder medirla.

El utilizar conceptos estadísticos ayudará a analizar con ciertas ventajas la variación para determinar el comportamiento del proceso y de los productos que están siendo medidos. Las mediciones que se obtengan dentro de un proceso presentarán la gráfica a manera de campana con lo cual se puede conocer la distribución de los datos. La distribución es impredecible pero permite obtener la información necesaria para analizar los factores que provocan estas causas. El concepto estadístico y de la distribución de los datos medidos en la variabilidad de un proceso será analizado en el siguiente punto del proyecto de tesis. Es importante distinguir qué tipo de variación se tiene en un proceso debido a que cada una necesita un enfoque y estrategias diferentes. El punto crítico al controlar procesos es comprender si la variación es debida a causas comunes o especiales. La mayoría de las veces se trata toda variación como si ésta fuera especial y se provoca una mayor cantidad de variación, defectos y errores.

2.5.1 Causas Comunes de Variación

Las causas comunes son cualquier fuente de variación inherente en un proceso. Estas variaciones se dan alrededor del promedio de los datos obtenidos de las características de un producto. Generalmente cualquier variación es provocada como resultado de distintos factores que son parte del proceso y son conocidas también como variaciones inherentes o variaciones no controlables. El identificar las causas comunes requiere de un análisis detallado por quienes manejan el proceso para plantear soluciones y hasta la eliminación de las mismas, requiriendo la intervención de la alta dirección para tomar decisiones sobre la totalidad del proceso.

2.5.2 Causas Especiales de Variación

Las causas especiales son cualquier fuente de variación en el proceso, inaceptable e impredecible. Son cambios en las salidas causadas por factores específicos, tanto como condiciones en el ambiente que rodea al proceso y con un gran impacto en las características del producto. Las causas especiales son factores que causan variación en el proceso en relación con una operación cotidiana y en un momento en particular. Si no se identifican y corrigen este tipo de causas especiales, continuaran existiendo errores y defectos en el producto terminado.

2.6 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

Seis Sigma enfoca su metodología en el uso de la estadística con ciertas herramientas esenciales que aclaran los datos que se están midiendo. Es importante escoger las herramientas adecuadas para interpretar la información que los datos nos dan y así poder tomar decisiones. En la actualidad existen programas de computación avanzados que manejan todos los datos y los analizan para obtener información estadística del proceso que se está mejorando. Es por esto que se necesita entender la terminología estadística que utiliza 6σ para en conjunto con la tecnología utilizada se puedan entender los resultados obtenidos. En conclusión, la utilización de la estadística es precisa y confiable para medir y cuantificar la variación de los procesos.

Anteriormente se nombró un término estadístico de la desviación estándar y será profundizado en esta parte del capítulo. Existen más herramientas estadísticas que son utilizadas en la metodología y deben ser entendidas para la posterior aplicación de programas de computación y para interpretar los resultados. Galindo (2006) describe a estas herramientas y sus respectivas fórmulas de la siguiente manera:

2.6.1 Media

Es el promedio \bar{x} de un conjunto de mediciones de una variable. Indica la tendencia central de los valores de esta variable. Se obtiene mediante la suma de todos los valores, dividido para el número total de mediciones n .

$$\mu = \frac{u_1 + u_2 + \dots + u_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i}{n} \quad (2.1)$$

2.6.2 Mediana

Es el valor dentro de un conjunto de mediciones ordenadas de menor a mayor que se ubica en el punto medio. Tiene la propiedad de dividir al conjunto de mediciones a la mitad.

$$Med = L_{i-1} + \frac{\frac{n}{2} - N_{i-1}}{n_i} A \quad (2.2)$$

Donde L_{i-1} es el límite inferior de la clase mediana, N_{i-1} es la frecuencia acumulada del intervalo inmediatamente anterior al intervalo, con la frecuencia absoluta n_i y una longitud A .

2.6.3 Rango

Es el valor que se obtiene en un conjunto de mediciones de una variable, de la resta entre el menor valor obtenido del mayor valor.

$$Rango = x_{max} - x_{mín} \quad (2.3)$$

2.6.4 Moda

Es el valor que se repite la mayor cantidad de veces en un conjunto de datos, es decir el que tiene la mayor frecuencia en el total de mediciones.

2.6.5 Desviación Estándar

La desviación estándar en un conjunto de mediciones es el indicador de la variabilidad de cada dato medido con respecto a la media resultante μ . Esta desviación da información de la dispersión para cada medición. Se obtiene la desviación estándar s , calculando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la resta de las mediciones respecto al promedio, $\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$ dividido para el total de mediciones $n - 1$.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad (2.4)$$

2.6.6 Varianza

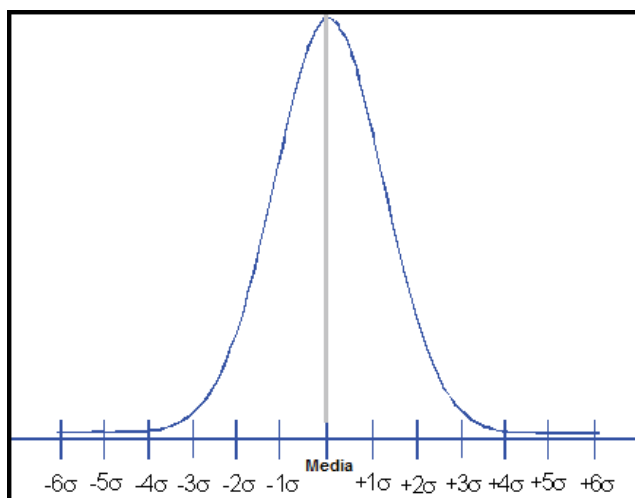
La varianza mide la dispersión de los datos alrededor de la media aritmética. La varianza es el cuadrado de la desviación estándar s . Se denota como σ^2 .

$$Var = \sum (x_i - \mu)^2; Pr(x_i) = \sigma^2 \quad (2.5)$$

2.6.7 Distribuciones de Probabilidad

Distribución de probabilidad es una función que describe el comportamiento de una variable y la probabilidad de que cierto evento se de alrededor de esta variable. En Moura (2009) se detallan tres principales distribuciones para la metodología 6 σ y se explicarán a continuación con sus respectivas formulas.

Gráfico 2.1: Gráfica de Distribución



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

2.6.7.1 Distribución Binomial

Es una distribución de una variable que describe el número de ocurrencias k de un evento en cierto número de intentos n . La probabilidad se calcula así:

$$\Pr(X = k) = C_n^k p^k q^{n-k} \quad (2.6)$$

Donde C_n^k , es el número de combinaciones k posibles en un total de n intentos y k puede tomar valores de $0, 1, 2, \dots, n$. La probabilidad de éxito es p , y de no tener éxito es q .

2.6.7.2 Distribución de Poisson

Tiene las mismas condiciones que la distribución binomial, pero se aplica a sucesos que se presentan en el mismo tiempo y espacio. La distribución de Poisson se da cuando existe baja probabilidad de que ocurra un evento. El valor de k puede tomar valores entre $0, 1, 2, \dots, n$. La probabilidad está dada por:

$$\Pr(X = k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad (2.7)$$

2.6.7.3 Distribución Normal

Es una distribución muy utilizada en el control estadístico de procesos, se la aplica en el estudio de varios fenómenos naturales. En la distribución normal se estudia las causas de variación en los procesos. Tiene la forma de una campana de gauss y la función densidad de probabilidad es:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}} \quad (2.8)$$

2.7 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA (6 σ)

Eckes (2004), Brue &Howes (2006) y De Moura (2009) expresan que la metodología 6 σ se caracteriza por ser un proceso estructurado con varias herramientas de mejora y que consta de 5 claras etapas o fases denominada por sus siglas DMAMC como: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. La descripción de cada una de estas fases es la siguiente.

Gráfico 2.2: Fases de la metodología 6 σ 

Fuente: Moura Eduardo, (2009); Formación de Especialistas Six Sigma

2.7.1 Fase Definir

En la fase definir de la metodología 6 σ se determinan los posibles proyectos que se puedan encontrar dentro de una organización, enfocándose en los procesos que maneja. Luego, se define el problema o defectos importantes que puedan existir dentro de estos procesos. Se procede a crear un mapa del estado actual de los mismos y la prioridad que tienen de mejorarse para que puedan ser evaluados por la alta dirección de la organización. Las personas que interactúan en el proceso y las actividades de las que son responsables directa e indirectamente deben ser identificadas para seleccionar un equipo adecuado de trabajo, que priorice el desarrollo de la metodología 6 σ .

El equipo deberá contar con los dueños del proceso de la organización así como expertos y conocedores de la metodología. El principal propósito de la fase definir es determinar los objetivos y el alcance del proyecto. Adicionalmente, en esta fase se determina el centro del proceso en donde se enfocará el proyecto, límites, y los puntos de entrada y salida de los procesos. Es importante recolectar información clara y útil de los productos o servicios,

del proceso, y del cliente para identificar sus requerimientos para evitar la inadecuada utilización de recursos necesarios. La organización que este aplicando la metodología 6σ debe especificar los resultados a todas sus áreas y a los clientes desarrollando un cuadro detallado del proceso y del proyecto.

2.7.2 Fase Medir

El propósito de esta fase consiste en recopilar datos que permitan encontrar la caracterización del proceso, identificando los clientes de la organización, conociendo lo crítico en sus requisitos y necesidades. Posteriormente se debe identificar las características claves del producto o servicio y sus defectos y así conocer el flujo del proceso por medio de un mapa en donde se visualicen los pasos y actividades que lo componen. Luego se identifican los parámetros a medir de este proceso, las posibles variables de entrada y de resultados que afectan al funcionamiento del proceso y la relación de estas con el cliente.

Es importante asegurarse que los datos que se recolecten definan los tipos de defectos y que la variedad de medidas obtenidas sean las adecuadas. A partir de esta caracterización se define y valida el sistema de medición usando gráficos, datos exploratorios y descriptivos para entenderlos. Finalmente, se determinaran las causas especiales para proceder a su análisis y evaluar la actual capacidad del proceso y el nivel sigma del mismo.

2.7.3 Fase Analizar

El propósito de la fase de análisis es que el equipo debe evaluar los datos históricos y actuales que se han obtenido de las variables y parámetros obtenidos de un producto según las especificaciones del cliente. A continuación se identifican los problemas potenciales y obstáculos en la mejora del proceso según la información que proporcionen estos datos. Se crean hipótesis que identifiquen los factores vitales por encima de los triviales que

afectan al proceso y así encontrar las posibles raíces y causas de los defectos, utilizando herramientas de estadística, muestreo y gráficos.

En el análisis de los datos se debe definir los objetivos de la mejora y encontrar las oportunidades de mejorar las áreas y actividades que no generan valor en el proceso. Por consiguiente se compara la capacidad del proceso actual con el potencial para identificar y buscar maneras para reducir cualquier entrada que genere errores y hacen que exista variación en el proceso. Se deben confirmar estadísticamente las causas de variación y como pueden ser controladas las fuentes de variación que no han sido monitoreadas. Finalmente, se debe asignar recursos a la gente que maneja cada área en el proceso para realizar la mejora y encontrar los beneficios para la organización en términos beneficio-costos.

2.7.4 Fase Mejorar

En la fase de mejora el equipo debe desarrollar un plan de mejora para tratar de conseguir cambios en el proceso. Se debe determinar la relación causa-efecto para mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso en cada una de las variables que producen los defectos y errores. Posteriormente se debe identificar la relación que existe entre estas variables sean externas o como parte del proveedor interno del proceso y realizar ajustes necesarios en las fuentes de variación de los productos. Se deben establecer tolerancias en las características de estos productos para disminuir las variaciones por medio de monitoreo y controles.

Luego se prueban las distintas mejoras del plan con herramientas experimentales y de métodos estadísticos que validen los resultados obtenidos en la fase de análisis de los datos. Finalmente, se hace una planificación y mapeo del estado futuro del proceso y se aplican los cambios de mejora que se encuentren dentro del proyecto y así realizar correctamente las futuras mediciones, obteniendo mejores resultados.

2.7.5 Fase Controlar

La fase de control tiene como propósito asegurar que los resultados conseguidos con la metodología 6 σ se mantengan y estandaricen las mejoras a lo largo de todos los procesos que maneja la organización. Se puede verificar el progreso de la organización por medio de reportes y estableciendo procedimientos, políticas e instrucciones en cada una de las áreas en que se aplico el plan de mejora. Esta etapa consiste en diseñar sistemas de control en el proceso, documentándolos y monitoreando los resultados.

Es importante establecer un control en las variables críticas que se definieron en el plan de mejora, como en la calidad, costos, tiempo y horarios, manteniendo las metas del proyecto y verificando los beneficios a la empresa. Finalmente en la etapa de control se debe asignar el proceso mejorado al dueño del proceso para informar a la alta dirección sobre el cumplimiento de objetivos y la optimización del proceso.

CAPÍTULO III

3 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1 Misión

Somos una empresa dedicada a satisfacer el mercado de conformado de plástico con base en la calidad de los productos, superando las expectativas de nuestros clientes y consumidores teniendo un trabajo honesto y con pleno desarrollo de sus actividades.

3.1.2 Visión

Buscamos fortalecer nuestra capacidad productiva para lograr establecernos en el mercado internacional con una mejora continua a través del desarrollo, tecnología de punta, capacitación e innovación permanente con actitud responsable hacia la sociedad y el medio ambiente.

3.1.3 Macroproceso

La planta de conformado de plástico tiene cuatro áreas fundamentales en las que se basan para el desarrollo de sus actividades, las mismas son abastecimiento, producción, ventas y logística. A continuación se encuentra un diagrama del macroproceso.

Gráfico 3.1: Macroproceso Planta de conformado de Plástico



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.1.4 Infraestructura y Ubicación

A continuación se describirá el sector de la ciudad de Quito donde se encuentra ubicada la planta de conformado de plástico. Debido a la confidencialidad requerida por la empresa, no se puede divulgar exactamente la localización. Posteriormente se encuentra un esquema del diseño de la planta con las diversas áreas que maneja.

3.1.4.1 Localización

La planta de conformado de plástico se encuentra ubicada en el sector Industrial Norte de de Quito como se puede apreciar en el siguiente mapa.

Gráfico 3.2: Mapa Localización Planta de conformado de Plástico.

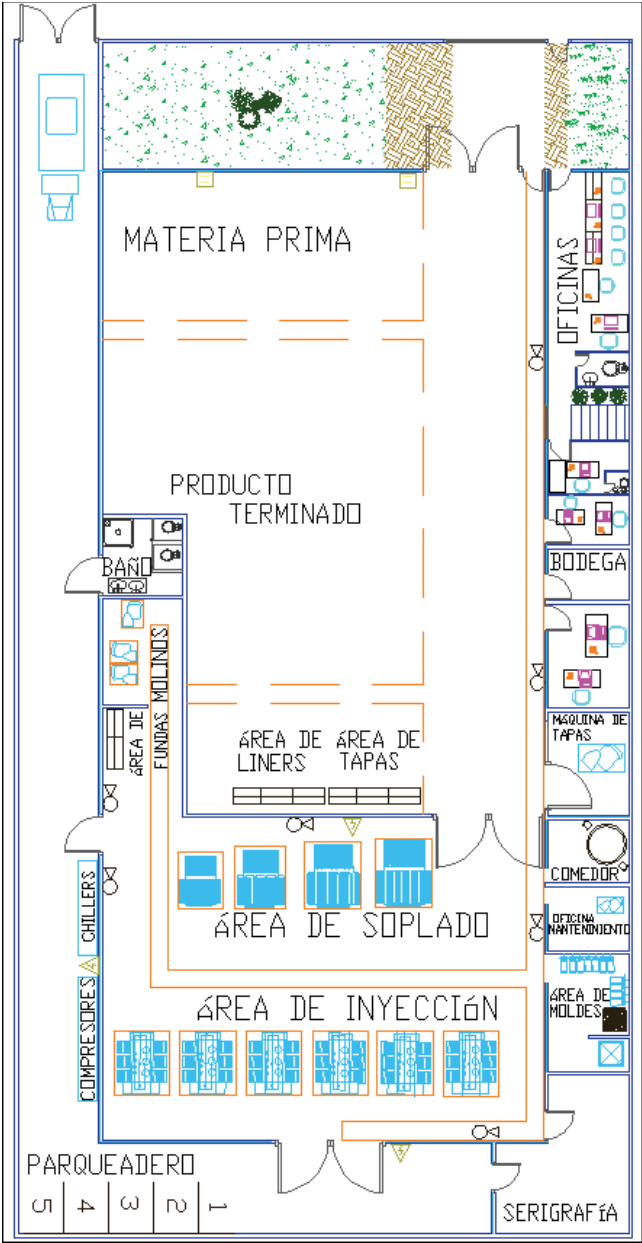


Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.1.4.2 Distribución de la Planta

La empresa tiene una clara división de las áreas que la conforman, desde las oficinas en la parte frontal, a la planta productiva en la parte posterior de su infraestructura. A continuación veremos un esquema de la distribución de cada área de la organización. (Ver ANEXO 1).

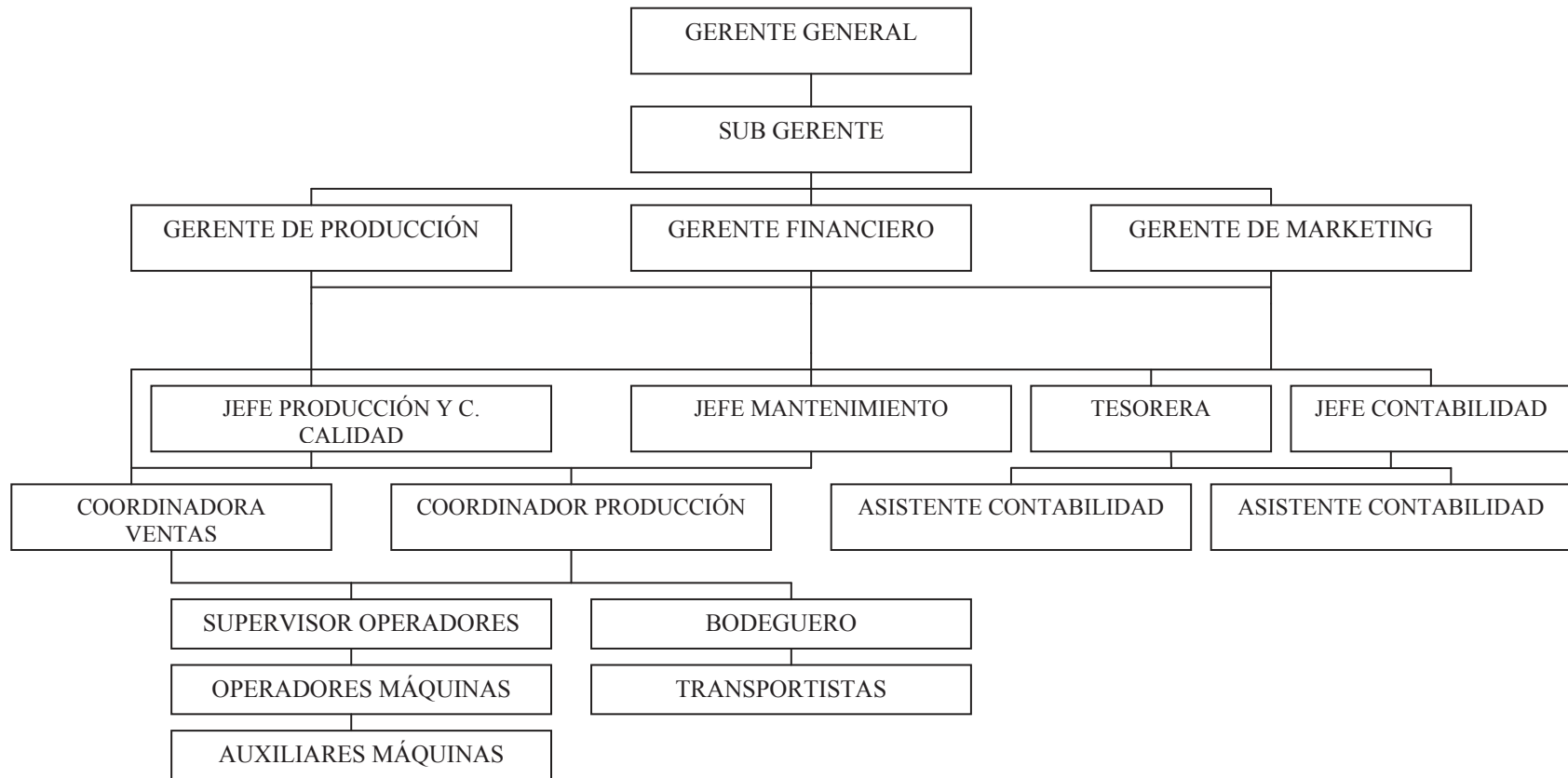
Gráfico 3.3: Distribución Planta de conformado de Plástico.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.1.5 Organigrama

Gráfico 3.4: Organigrama Planta de conformado de Plástico.



Fuente: Planta de conformado de Plástico. 2011.

3.1.6 Principales Clientes

3.1.6.1 The Tesalia Springs Company

The Tesalia Springs Company es una empresa líder en el mercado ecuatoriano en el sector de bebidas. Tesalia maneja cuatro líneas de productos; Agua Mineral Natural marca Guitig, agua Natural marca Tesalia, isotónicos marca Tesalia Sport, y bebidas suaves marca Quintuples. La planta de conformado de plástico trabaja con The Tesalia Springs Company alrededor de diez años y es proveedor de los envases y tapas para los diferentes productos que maneja. En el caso del Capuchón Tesalia, la empresa entrega alrededor de 200000 unidades de este producto mediante pedido mensual.

3.1.6.2 Marcseal

Marcseal es una empresa alimenticia dedicada a la producción y comercialización de Salsas y Aderezos a nivel nacional entre los cuales está la elaboración de salsas de tomate, mayonesas y mostaza. Marcseal ha sido cliente de la planta de conformado de plástico por 6 años. El Galón Marcseal que produce la planta de conformado de plástico sirve para verter salsa de tomate y la producción de este galón es bajo pedido mensual de unas 70000 unidades.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

3.2.1 Inyección

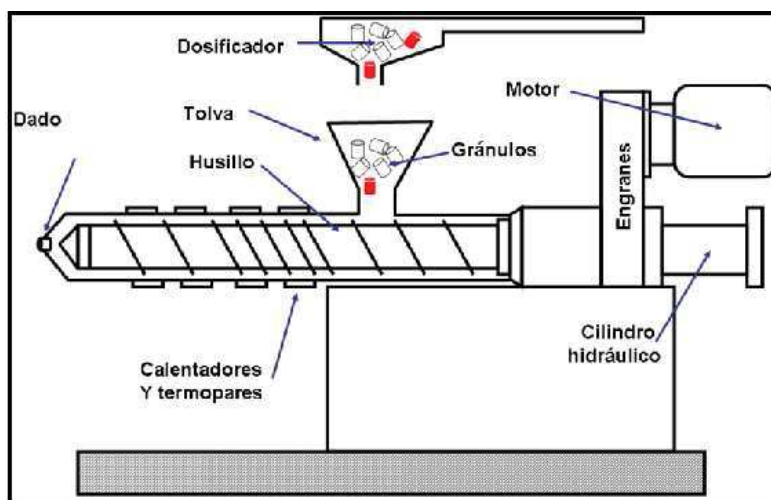
El moldeo por inyección es el proceso que se utiliza en la planta de conformado de plástico para la fabricación del Capuchón Tesalia. El proceso de inyección es uno de los principales para el conformado de plásticos, debido a su versatilidad en cuanto a las piezas que pueden fabricarse con este método. La Inyección es un proceso rápido y que ayuda a la producción a gran escala. Es

un proceso semicontinuo y se lleva a cabo por una máquina inyectora. Además es necesario un molde, el cual debe tener una cavidad que es exactamente la forma de la pieza que se quiere obtener.

El proceso de inyección consiste en calentar el plástico, el cual se encuentra como pellet, dentro de un cilindro. Así cuando el plástico ha alcanzado la temperatura adecuada es empujado por un tornillo sin fin también conocido como husillo, a una alta presión, dentro del molde. Así el plástico toma la forma de la cavidad del molde. Para finalizar se realiza un enfriamiento tanto del molde, como del plástico y se expulsa la pieza terminada.

3.2.1.1 Maquinaria

Gráfico 3.5: Ilustración de la unidad de inyección.



Fuente: Carolina Quinodoz (2010). Tecnología de los materiales. Obtenido desde <http://profecarolinaquinodoz.com/principal/?tag=tecnologia-de-los-materiales>.

En cuanto a la máquina de inyección se refiere se tiene que las partes más importantes son:

- Unidad de inyección.
- Unidad de cierre.
- Molde.

Gráfico 3.6: Máquina de Inyección

Fuente: Planta de conformado de Plástico. 2011.

Unidad de inyección

En esta parte es en donde se calienta el material para fundirlo y se inyecta al molde. El material ingresa de la tolva y es transportado a la zona de plastificación mediante la rotación del husillo. Una vez fundido el material el husillo actúa como pistón inyectando el material dentro del molde.

Unidad de cierre

La unidad de cierre consiste en una prensa hidráulica que mantiene cerrado el molde mientras se inyecta el material. Es necesario que la presión de la unidad de cierre sea más alta que la presión a la que está siendo inyectado el material, ya que si no es así el material escapará por las uniones del molde, lo que origina lo que se conoce como rebaba.

Molde

El molde es la parte más importante ya que es lo que dará la forma a la pieza. Es una parte intercambiable, constituido por la cavidad, esta da la forma y volumen de la pieza a moldear; ductos, por los cuales fluye el material inyectado; canales de enfriamiento, es por donde circula el refrigerante; barras

expulsoras, son las que expulsan la pieza cuando el proceso está terminado y se abre el molde.

3.2.1.2 Parámetros

En el proceso de inyección las variables a controlar dependen de diferentes factores como diseño de la pieza, material a trabajar, entre otros. Los principales parámetros a tomar en cuenta son:

- Temperaturas.
- Presiones.
- Tiempos.
- Distancias.
- Velocidades

Temperaturas

Las temperaturas a controlar son las del molde y del cilindro donde se contiene el material. Las dos se definen por el tipo de material a trabajar, aunque la del molde también se define por el acabado de la pieza.

Presiones

Primera presión de inyección.- es la presión a la que se inyecta el material.

Segunda presión de inyección.- esta es una presión de mantenimiento la cual termina el llenado y mantiene el material en la cavidad para que se solidifique dentro del molde. Si se excede esta presión puede producir rebaba o que el material se fije en el molde.

Contrapresión.- hace que el husillo permanezca en el lugar mientras se carga el material.

Descompresión.- es la necesaria para evitar que el material no escurra al abrirse el molde ya que hace para atrás el husillo liberando la presión ejercida sobre el plástico.

Presión de expulsión.- es la que separa a la pieza del molde.

Presión de retorno de expulsión.- hace que las barras expulsoras retornen después de expulsar la pieza.

Tiempos

Los tiempos a tomar en cuenta son los de inyección, pos presión, de plastificación, de enfriamiento y el tiempo total del ciclo. En la planta de conformado de plástico para el Capuchón tesalia manejan tiempos de enfriamiento y de inyección de alrededor de 18 y 1,8 segundos respectivamente. El tiempo de ciclo para el conformado de 4 Capuchones que se obtienen en el molde es de aproximadamente 20 segundos.

Distancias

Distancia de dosificación y espesor del colchón.- se refiere a la cantidad de material constante que debe permanecer en la punta del husillo, además de la cantidad de material necesario para llenar todas las cavidades.

Distancia de conmutación a segunda presión.- es la distancia necesaria para cambiar de primera presión a segunda.

Distancia de apertura del molde.- es la necesaria para abrir el molde.

Distancia de expulsión.- la distancia que deben recorrer las barras expulsoras.

Velocidades

Las velocidades importantes son: de cierre del molde, de apertura del molde, de plastificación y de expulsión.

En la tabla 3.1 se puede observar los valores de temperatura y presión con los que el proceso de inyección trabaja en la planta de conformado de plástico.

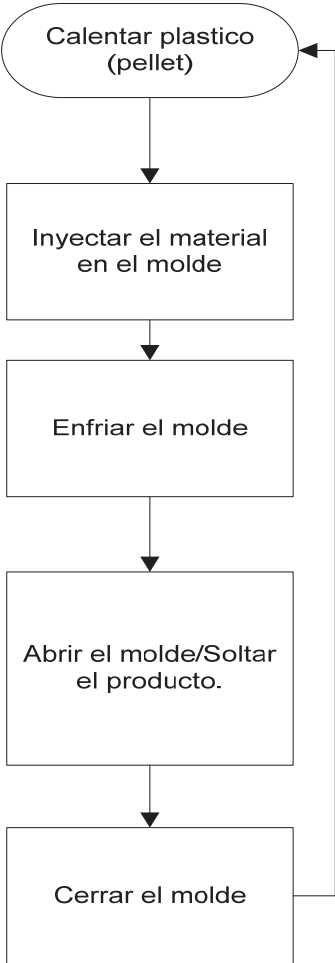
Tabla 3.1: Valores de temperatura y presión para la inyección de plásticos.

Material	Temperatura (°C)	Presión (Bares)
Polietileno de baja densidad	160 a 260	500 a 1000
Polietileno de alta densidad	260 a 310	mas de 600

Fuente: Anónimo (2010). Inyección de plástico. Obtenido desde:
<http://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/respuestas/328575/inyeccion-de-plastico>

En el gráfico 3.7 se aprecia el diagrama de flujo del proceso de Inyección en la empresa en la que se realiza este proyecto.

Gráfico 3.7: Diagrama de flujo del proceso de inyección.



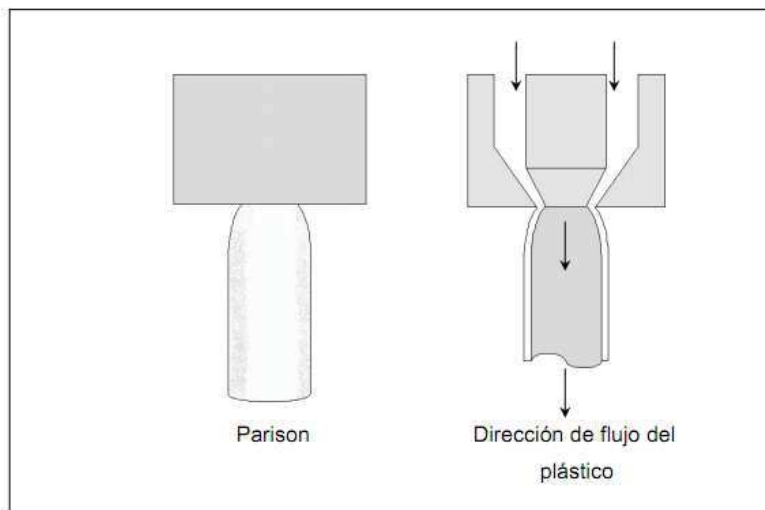
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.2.2 Soplado

Para la fabricación del Galón Marcseal, el proceso utilizado es el soplado. El soplado es también uno de los métodos más importantes para el moldeo de plástico, siendo su mayor incidencia en la fabricación de envases huecos, principalmente botellas. Este proceso está constituido por dos etapas, en la primera se obtiene, mediante extrusión, un perfil tubular que se conoce con el nombre de parison o manga. A continuación a este parison se lo encierra dentro de un molde y se procede al soplado de aire, de esta manera el material tomara la forma del molde. Finalmente después de enfriar el material el molde se abre liberando el objeto deseado. Este proceso crea una línea de cierre en

donde se unen las dos partes del molde, si la fuerza de cierre no es adecuada o el molde no está en condiciones adecuadas puede originarse fallas en el producto tales como la presencia de rebaba.

Gráfico 3.8: Representación del Parison.



Fuente: Anónimo (2010), Representación del Parison, obtenida de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0398_M.pdf

Los moldes usados para este proceso son muy parecidos a los del proceso de inyección, pero en el soplado no es necesaria mucha presión de cierre. Además los moldes del proceso de inyección tienen un costo aproximadamente 4 veces más alto.

Es necesario tomar en cuenta el material requerido en el parison para lograr las dimensiones adecuadas en el producto final, pero gracias al control automático de las máquinas es fácil de setear. El proceso de soplado es uno de los más antiguos pero también es uno de los más versátiles ya que permite la fabricación de envases biodegradables.

Las partes más importantes de la máquina de soplado son:

El extrusor.- es el elemento de mayor importancia en la máquina de soplado. Es en donde se funde el material y es convertido en el parison.

El carro.- es el que transporta el material en las diferentes etapas del soplado. Contiene el molde y el sujetador de botellas.

El molde.- está sujeto al carro, además de dar la forma al plástico también es en donde se realiza el enfriamiento.

El soplado.- se refiere a la parte de la máquina que se encarga de soplar el aire comprimido dentro del molde para que este tome la forma de la cavidad.

Los sujetadores.- son aquellos que se encargan de transportar el producto una vez que sale del molde, se abren al abrirse el molde.

Desbarbado.- puede ser manual o automático, consiste en retirar el exceso de material con una cuchilla. En el caso de esta empresa se realiza de forma manual.

En el proceso de soplado se utilizan las mismas temperaturas anteriormente revisadas en el proceso de Inyección. Véase tabla 3.1.

Gráfico 3.9: Partes de la máquina de soplado



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

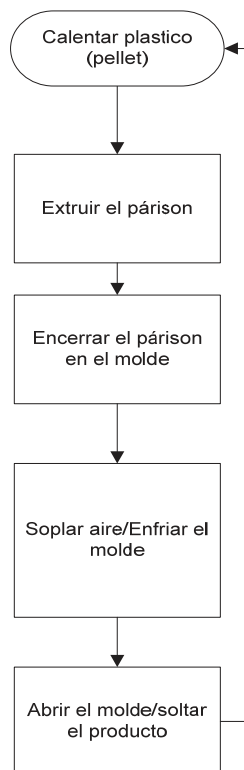
Gráfico 3.10: Sujetadores Máquina de soplado.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el gráfico 3.11 se puede observar el diagrama del proceso de soplado en la empresa.

Gráfico 3.11: Diagrama de flujo del proceso de soplado.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.3 HERRAMIENTAS Y HERRAJES

La planta de conformado de plástico para el desarrollo de sus actividades utiliza herramientas y herrajes que facilitan el trabajo de los operarios a lo largo de los dos procesos que maneja como son el de Soplado e Inyección. Como se establece en Encarta (2010) y la información otorgada en la organización, en esta parte del capítulo se describirá cada herramienta y herraje así como su función en los procesos.

3.3.1 Chiller

Un Chiller es una unidad industrial que enfría líquidos como el agua o aceite en procesos industriales. En el caso de la industria plástica se utiliza agua y funciona extrayendo el calor que se genera en la máquina en el proceso de Inyección y Soplado por medio del contacto con la misma a una temperatura menor a lo que está trabajando el proceso, y puede ser de hasta unos 20°C. Debido a este contacto se eleva la temperatura del agua y posteriormente retorna al chiller para nuevamente reducir su temperatura y repetir cíclicamente este proceso de refrigeración.

El agua es enviada por tuberías debidamente ubicadas y adecuadas para soportar las temperaturas que se manejan. El sistema de un chiller está compuesto por un compresor para disminuir el volumen del agua enviándola a espacios más pequeños y poder aumentar la presión. El chiller en la planta de conformado trabaja a una presión de entre 8,1 bares a 8,4 bares. Existe un evaporador que conduce el vapor del agua que se produce al momento de tener contacto con las máquina a elevadas temperaturas, para finalmente volver al estado líquido por medio del condensador y refrigerar el agua que será nuevamente enviada a la máquina.

Gráfico 3.12: Chiller enfriador de agua.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.3.2 Compresor de Aire

El compresor de aire es una máquina que introduce al aire en lugares más pequeños, disminuyendo su volumen con la finalidad de aumentar la presión. Los compresores de la empresa trabajan en promedio hasta con una presión de 10 bares. La capacidad de retención de aire para la refrigeración y compresión es de hasta un máximo de 5600 m³h, es decir la cantidad de masa es 3290 cfm.

Para evitar que se eleve la temperatura al comprimirlo se enfría el aire con agua antes de ser enviado hacia los tubos o mangueras que lo transportaran a las máquinas de Soplado e Inyección. La función de esta máquina es la de expulsar el aire a alta velocidad para cumplir con las funciones que las máquinas requieren.

Gráfico 3.13: Compresor de aire.



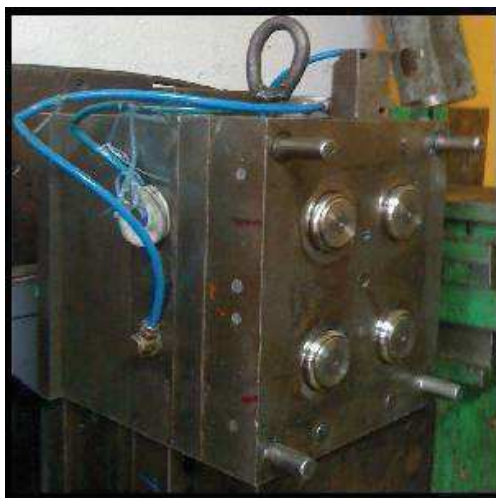
Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.3.3 Molde

El molde es llamado matriz generalmente en la industria. Es un molde de acero inoxidable que dará la forma a la pieza que se desea obtener y aquí se verterá el plástico fundido que cuando se solidifique adquirirá la forma del molde. Tiene dos piezas acopladas que al cerrarse impiden el escape del material en su interior hueco y el desajuste de la unión se la asegura con llaves y bridas. Es una pieza intercambiable en las máquinas por si se desea obtener un producto diferente. El molde es la herramienta más importante en las máquinas de soplado e inyección en la producción de los productos en serie que deben de ser idénticos. En el caso de la matriz del Capuchón Tesalia tiene cuatro cavidades, mientras que la matriz del galón Marcseal solamente una. Por consiguiente en el soplado se produce una pieza por ciclo y en la inyección dependerá del número de cavidades de la matriz. Los detalles y especificaciones técnicas del molde, están dados por el cliente, Tesalia o Marcseal, hacia el maestro matricero. Este proveedor de los moldes conoce las características de los mismos. La planta de conformado de plástico conoce solamente las especificaciones de los productos, mas no de los moldes. El material vertido en el interior esta fundido, es por esto que las temperaturas que se manejan deben ser enfriadas con la entrada de agua, como refrigerante, y aire. Ambos elementos circulan por los ductos del molde y logran que se

solidifique el producto, adquiriendo la forma deseada antes de la apertura y expulsión del producto. Finalmente, el desmolde es automático, dejando únicamente al operario la función de hacer el desbarbado en las zonas donde la rebaba este en exceso. Posee tres partes importantes: la cavidad donde el producto será moldeado, los canales por donde ingresa el material fundido y los ductos del refrigerante y el aire para cumplir con las funciones en el Soplado e Inyección de las máquinas.

Gráfico 3.14: Molde Capuchón Tesalia.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

Gráfico 3.15: Molde Galón Marcseal.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.3.4 Bridas

Son accesorios tipo abrazadera que se usan para asegurar la matriz a las máquinas de soplado e inyección proporcionando la fuerza suficiente y necesaria para la sujeción de las matrices. La unión es realizada por medio de cuatro bridas en cada pieza del molde, es decir ocho en total. Las bridas permiten el montaje y desmontaje rápido de los moldes para reparaciones y mantenimiento.

Gráfico 3.16: Brida de Seguridad.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.3.5 Grúa Hidráulica

La grúa hidráulica es una máquina de estructura mecánica compuesta de una flecha giratoria también llamada pluma y una polea. La grúa ofrece un mayor alcance y distancia horizontal para acceder a las matrices que se encuentran almacenadas en el área de moldes y mecánica de la planta. Esta herramienta ayuda a que el operario realice menor fuerza para levantar los elevados pesos de los moldes. Así también ayuda al transportarte hacia las máquinas de soplado e inyección para posteriormente ser levantados por el tecele.

Gráfico 3.17: Grúa Hidráulica.

Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.3.6 Tecle

El tecle, también llamado polipasto, es una máquina de estructura metálica que posee un sistema de poleas acopladas. Esta máquina se utiliza para levantar y mover los moldes con mayor ventaja en la colocación en las máquinas de soplado e inyección de la planta. El tecle facilita el trabajo debido a que se necesita menor fuerza en relación al peso de los moldes que se levantan.

Gráfico 3.18: Tecle.

Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS

La planta de conformado de plástico tiene en su línea de producción variedad de productos que se obtiene por medio del Soplado y la Inyección del plástico. La empresa tiene como sus productos principales al Capuchón Tesalia y Galón Marcseal, es por esto que se aplicará el plan de mejora mediante la metodología Seis Sigma para estos productos. El material principal que se utiliza para su fabricación es llamado Polietileno. El polietileno es uno de los materiales plásticos de mayor producción a nivel mundial ya que es de los más baratos y esto lo convierte en una materia prima muy común para la fabricación de varios productos de este tipo.

El material polietileno tiene propiedades que lo hacen propicio para la producción en serie de productos plásticos que se usan cotidianamente alrededor del mundo, como la rigidez, dureza y resistencia. Se designa como PE y según su densidad se deriva en varios tipos de Polietileno. En la planta de conformado de plástico se utilizan el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y el Polietileno de Baja Densidad (PEBD), para la producción de los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. Ambos materiales están en forma de pellet, es decir pequeñas bolitas solidas de material plástico en estado virgen. Esta materia prima es importada directamente por la empresa, sin existir intermediarios o proveedores en el país para la planta de conformado.

Gráfico 3.19: Polietileno en forma de pellet.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.4.1 Capuchón Tesalia

El Capuchón Tesalia es uno de los productos estrella dentro de la planta de conformado de plástico. Es una tapa utilizada para sellar un bidón de agua, el sellado es a presión y lo realiza la empresa The Tesalia Springs Company. El cliente ha designado como requisitos principales, el material, pigmento y características técnicas que deben ser cumplidos por la organización para evitar productos no conformes y hasta devoluciones.

Gráfico 3.20: Capuchón Tesalia.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.4.1.1 Material

La planta de conformado de plástico utiliza el PEAD⁴ en un 95% y el PEBD⁵ en un 4,9 %, siendo complementado con el pigmento Violeta 02 en un 0,1%. El PEAD de Inyección tiene forma de cilindro y tiene menor elongación que el PEAD de Soplado. El PEBD también tiene forma de cilindro pero tiene mayor elongación que el PEAD de Soplado. Los porcentajes de materia prima se utilizan como requisito del cliente The Tesalia Springs Company para la fabricación del producto Capuchón Tesalia. El producto con estos materiales tendrá alta resistencia química y térmica. Es decir que una vez formado el producto, resiste en el agua hasta temperaturas de 100°C y a la abrasión por



⁴ Símbolo utilizado para determinar que el Polietileno de Alta Densidad es Reciclable.



⁵ Símbolo utilizado para determinar que el Polietileno de Baja Densidad es Reciclable.

agentes químicos u oxidantes, como ácidos o disolventes. Así también la mezcla de PEAD y PEBD presenta excelentes propiedades mecánicas como dureza, rigidez y resistencia a la tensión e impacto. La mezcla tiene características superiores a otros polímeros como la opacidad, impermeabilidad y dureza, que son requisitos importantes en las funciones que debe desempeñar en el sellado del bidón de agua Tesalia.

Gráfico 3.21: Polietileno de Alta Densidad (PEAD).



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.4.1.2 Pigmento

El pigmento es un material de origen mineral que cambia el color de otros materiales, esta caracterizado según estándares internacionales que permitan identificar su tinte, luminosidad y pureza del color. Este material debe tener la capacidad de cambiar el color del producto que se desea obtener y en el caso del Capuchón Tesalia se utiliza un pigmento Violeta 02. El pigmento ha sido designado así como requisito del cliente The Tesalia Springs Company, y es obtenido mediante una importación directa de la planta de conformado de plástico sin ningún proveedor ni intermediario.

El material violeta 02 es utilizado en un 0,1% del total de la cantidad de materia prima que se ingresara a la máquina Inyectora en conjunto con el PEAD y PEBD. El operario es el que mide, añade y controla la mezcla de la materia prima manualmente y el abastecimiento a la máquina de Inyección.

Gráfico 3.22: Pigmento Violeta 02.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.4.1.3 Características Técnicas

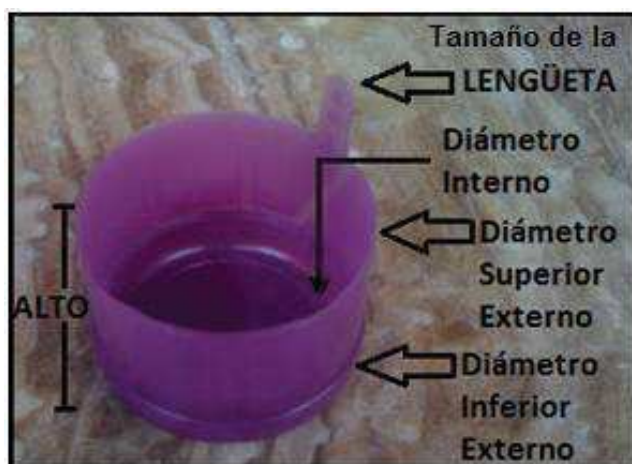
El producto Capuchón Tesalia tiene las características técnicas fijadas por el cliente. Estas características tienen una tolerancia permitida para que su funcionalidad siga siendo la adecuada al momento del sellado con el bidón de agua y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.2: Características Técnicas Capuchón Tesalia.

PRODUCTO	CAPUCHÓN TESALIA	
CLIENTE	The Tesalia Springs Co.	
MATERIA PRIMA	Polietileno Alta Densidad (PEAD)	
	Polietileno Baja Densidad (PEBD)	
	Pigmento Violeta 02	
Características Técnicas del Producto		
Característica	Unidad	Medida
Peso aproximado sin liner	gr	10,5±0,5
Peso aproximado con liner	gr	11±0,5
Diámetro superior externo	mm	55±0,5
Diámetro inferior externo	mm	55,5±0,5
Diámetro interno	mm	52±0,5
Alto	mm	41±0,5
Tamaño de la lengüeta	mm	15±0,5

Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

Gráfico 3.23: Características Técnicas Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

The Tesalia Springs Company solicita a la planta de conformado de plástico que añada una protección para el sellado en la parte interior del Capuchón. Esta protección se llama liner y es de material polímero termoplástico llamado Eva.⁶

El liner es producido en la misma empresa por medio del proceso de troquelado de planchas de Eva. El liner es de color blanco, de forma redonda, con un diámetro de 54 mm y un peso aproximado de 0,5 gramos. El liner maximiza el sellado y mantiene fresca y segura al agua del bidón.

Gráfico 3.24: Liner de seguridad para el Capuchón Tesalia.



Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

⁶ Eva: Etileno Vinil Acetato o Foamy espumoso.

3.4.1.4 Características Técnicas del Empaque

El producto Capuchón Tesalia es empacado en fundas plásticas por pedido del cliente The Tesalia Spring Company. A continuación las 750 unidades que se ingresan en la funda, se introducen en una caja de cartón corrugado. Las fundas son entregadas en rollos y en la empresa se forma la funda con las medidas necesarias. En el caso de los cartones, la organización arma las planchas de cartón entregadas con las medidas específicas. Las cajas de producto terminado son apiladas en pallets en un máximo de 5 cajas. En la siguiente tabla se detalla las características técnicas del empaque de este producto para la entrega a la empresa The Tesalia Springs Company.

Tabla 3.3: Características Técnicas del Empaque

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EMPAQUE		
Característica	Unidad	Medida
Dimensiones de la funda	cm	102 x 116
Peso de la funda	gr	110
Dimensiones de la caja corrugada	cm	60 x 50 x 50
Peso de la caja	kg	1,2
Producto por caja	u	750
Peso bruto por caja	kg	9490
Apilamiento máximo de cajas	u	5

Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

Gráfico 3.25: Capuchón Tesalia empacado en funda plástica.



Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

Gráfico 3.26: Capuchón Tesalia almacenado en cartón corrugado.



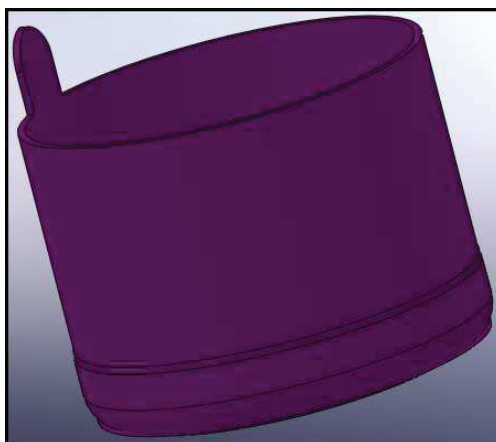
Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

3.4.1.5 Gráfico en SolidWorks de Capuchón Tesalia

El producto Capuchón Tesalia es obtenido por medio de un molde como se explicó anteriormente. El diseño de este producto es realizado mediante un programa de computación llamado Solidworks, el cual es manejado por el maestro matricero. Este programa ayuda a manejar sistemas CAD, CAM, CAE⁷ para posteriormente pasar a conformarse el molde y la producción en serie del producto. Es por este motivo necesario mostrar el diseño de este producto mediante el programa computacional Solidworks.

⁷ CAD, Diseño Asistido por Computador; CAM, Manufactura asistida por Computador; CAE, Ingeniería asistida por Computador.

Gráfico 3.27: Diseño en Solidworks de Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.4.2 Galón Marcseal

El Galón Marcseal, para la planta de conformado de plástico, es otro de sus productos estrella. Este galón es un envase sellado por una tapa de diámetro 42mm que también la realiza la planta de conformado de plástico, pero que no entra en el proceso de mejora del Galón Marcseal. La empresa Marcseal solamente una vez que este la salsa de tomate en su interior procede a realizar el sellado manualmente. Marcseal tiene requerimientos claros para la producción de este producto como, PEAD sin ninguna coloración y las características técnicas mostradas a continuación.

Gráfico 3.28: Galón Marcseal.



Fuente: Planta de conformado de Plástico. 2011.

3.4.2.1 Material PEAD

El polietileno de alta densidad es materia prima del producto Galón Marcseal sin ser mezclado con algún pigmento. Es un polímero más resistente al agrietamiento y los impactos que el PEBD y otros polímeros. Este PE tiene forma de lenteja y tiene una elongación mayor al PEAD de Inyección. La planta de conformado de plástico lo utiliza como materia prima ya que cumple con los requerimientos del cliente Marcseal. Cuando el PEAD está en estado sólido se convierte en los más aptos para el sector del envase. Este material es muy flexible, ligero y buen aislante eléctrico, tiene propiedades de resistencia mecánica y química.

Gráfico 3.29: Polietileno de alta densidad (PEAD).



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

3.4.2.2 Características Técnicas

Las características técnicas se presentan en la tabla 3.4 y han sido fijadas por el cliente Marcseal con una tolerancia aceptada para la fabricación del galón.

Tabla 3.4: Características Técnicas Galón Marcseal.

PRODUCTO	GALÓN MARCSEAL	
CLIENTE	Marcseal S.A.	
TIPO DE MATERIA PRIMA	Polietileno Alta Densidad (PEAD)	
Características Técnicas del Producto		
Característica	Unidad	Medida
Peso aproximado	gr	115±1
Dimensión alto	mm	240±1
Dimensión ancho	mm	148±1
Diámetro de la rosca	mm	42
Numero de entradas	mm	3

Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

Gráfico 3.30: Características Técnicas Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.4.2.3 Características Técnicas del Empaque

El producto Galón Marcseal es empacado en un total de cincuenta unidades por funda plástica. Las fundas plásticas son formadas por medio de rollos plásticos que llegan a la empresa, con las especificaciones dadas. En la tabla 3.5 se detallan las características técnicas del empaque del producto Galón Marcseal.

Tabla 3.5: Características Técnicas del empaque.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EMPAQUE		
Característica	Unidad	Medida
Dimensiones de la funda	cm	62 x 248
Peso de la funda	gr	225
Producto por funda	u	50
Peso bruto por funda	kg	5,675 + 0 min 5,775 + 0,100 max
Apilamiento máximo de fundas	u	20

Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

Gráfico 3.31: Galón Marcseal empacado.

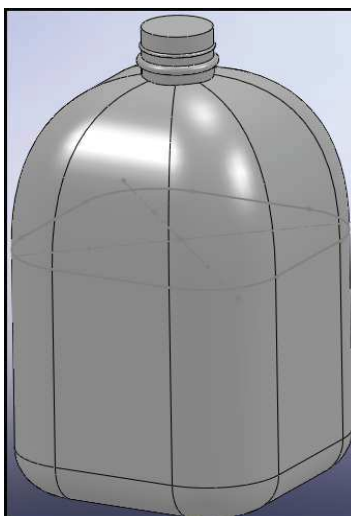


Fuente: Planta de conformado de Plástico, 2011.

3.4.2.4 Gráfico en SolidWorks de galón Marcseal

Al igual que el Capuchón Tesalia, el diseño de este producto en la planta de conformado de plástico es realizado mediante Solidworks para posteriormente pasar a conformarse la matriz y la producción en serie del Galón Marcseal.

Gráfico 3.32: Diseño en Solidworks de Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

3.5 MANEJO DE PRODUCTO NO CONFORME Y MATERIAL SOBRENTE

La planta de conformado de plástico reutiliza el material sobrante y el producto que no cumpla con los requerimientos físicos y visuales de los productos que se realizan. Durante los procesos de Soplado e Inyección el operario separa el producto no conforme que resulte del control durante el proceso y en los controles de calidad. En el caso del Galón Marcseal, los sobrantes de material son reutilizados y en la inyección del Capuchón Tesalia existen los sobrantes de la unión de las cuatro cavidades de la matriz. Finalmente, pasan a ser molidos por separado para no mezclar el material ni confundir la coloración para el reproceso.

Gráfico 3.33: Material sobrante Galón Marcseal.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

Gráfico 3.34: Producto no Conforme Capuchón Tesalia.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

CAPÍTULO IV

4 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROPUESTA

4.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se desarrolló en base a la metodología 6 σ , por eso es necesario guiarse por los pasos que componen dicha metodología, los mismos que se van a ir definiendo a medida que se elaboren.

Como ya se describió anteriormente, existen 5 fases en esta metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar, estas fases se van desarrollando en el orden en el que han sido mencionadas.

4.2 FASE DEFINIR

En la fase Definir, se definen los parámetros claves del proyecto en base a los cuales se va a trabajar.

Para comenzar se determina por que los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal son los de mayor importancia para la empresa y así centrar la mejora en éstos. Esto se lo realiza con la aplicación de una matriz de priorización.

4.2.1 Matriz de Priorización

La matriz de priorización ayuda a encontrar los elementos que tienen mayor o menor importancia dentro de un proceso en general, lo cual se hace mediante calificaciones y pesos asignados a diferentes criterios.

Para este proyecto de tesis se han seleccionado los productos Galón Marcseal y Capuchón Tesalia. Estos son los productos de mayor importancia según el

criterio del departamento de producción de la empresa, ya que no se realizan encuestas de satisfacción al cliente. Para definir si realmente lo son, se ha decidido aplicar esta herramienta comparándolos con otros productos realizados mediante los mismos procesos.

4.2.1.1 Matriz de Priorización Capuchón Tesalia

Inicialmente se definen los criterios para el Capuchón Tesalia, los cuales se pueden apreciar en la tabla 4.1; estos criterios deben estar escritos en forma clara y en sentido positivo.

Una vez definidos los criterios, se debe atribuir pesos de importancia relativa entre ellos; para esto el método de calificación será el siguiente:

- 9 Mucho más importante
- 7 Más importante
- 5 Igualmente importante
- 3 Menos importante
- 1 Mucho menos importante

De acuerdo a esta puntuación se va definiendo que criterio tiene mayor importancia que el otro con el cual se lo está comparando, colocando las calificaciones en las celdas espejo, la suma de los dos valores debe ser 10.

Los criterios y las calificaciones asignadas en la elaboración de estas matrices fueron obtenidos del jefe del departamento de producción de la empresa.

Tabla 4.1: Priorización de criterios para los capuchones.

	A	B	C	D	E	Suma	Porcentaje
A. Alto volumen de producción.		7	3	1	9	20	20,00%
B. Baja exigencia del cliente.	3		3	5	5	16	16,00%
C. Bajo costo de producción.	7	7		5	9	28	28,00%
D. Pocas devoluciones de PNC	9	5	5		7	26	26,00%
E. Alta rotación	1	5	1	3		10	10,00%
						100	100%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la tabla 4.1 se observa que el criterio Alto volumen de producción es más importante que Baja Exigencia del Cliente. Y en conclusión general del cuadro se puede decir que el criterio con mayor importancia es el bajo costo de producción.

Ahora se debe realizar una matriz para cada criterio en el cual se vayan comparando las diferentes alternativas, en este caso, los diferentes capuchones elaborados en la empresa.

Para la calificación en estas matrices se debe determinar que producto cumple mejor cada criterio así que la calificación se da de la siguiente forma:

- 9 Cumple mucho más
- 7 Cumple más
- 5 Cumple igual
- 3 Cumple menos
- 1 Cumple mucho menos

La tabla 4.2 representa al criterio Alto volumen de producción, aquí se observa que existe una igualdad entre el capuchón Pure Water y Tesalia. Según esto se puede decir que estos dos productos se realizan en volúmenes altos lo cual es bueno para la empresa.

Tabla 4.2: Comparación de capuchones para el criterio Alto volumen de producción.

CRITERIO A	1	2	3	4	5	6	Suma	Porcentaje
1. Capuchón San Felipe		1	3	1	3	5	13	8,67%
2. Capuchón Pure Water	9		7	7	7	7	37	24,67%
3. Capuchón Agua Luz	7	3		1	3	5	19	12,67%
4. Capuchón Tesalia	9	3	9		7	9	37	24,67%
5. Capuchón Las Rocas	7	3	7	3		7	27	18,00%
6. Capuchón Trans Pureza	5	3	5	1	3		17	11,33%
							150	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la tabla 4.3 se puede observar el criterio Baja exigencia del cliente. Aquí existe una puntuación igual para tres productos pero el Capuchón Tesalia no se encuentra entre ellos, esto se debe a que este los clientes de este producto son más permisivos que los de los otros productos.

Tabla 4.3: Comparación de capuchones para el criterio Baja exigencia del cliente.

CRITERIO B	1	2	3	4	5	6	Suma	Porcentaje
1. Capuchón San Felipe		7	5	7	7	5	31	20,67%
2. Capuchón Pure Water	3		3	3	3	3	15	10,00%
3. Capuchón Agua Luz	5	7		7	7	5	31	20,67%
4. Capuchón Tesalia	3	7	3		3	3	19	12,67%
5. Capuchón Las Rocas	3	7	3	7		3	23	15,33%
6. Capuchón Trans Pureza	5	7	5	7	7		31	20,67%
							150	100%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el criterio Bajo costo de producción, el Capuchón Tesalia es el que más cumple lo que significa que es un buen producto para la empresa ya que si el costo es bajo se puede obtener mayores ganancias.

Tabla 4.4: Comparación de capuchones para el criterio Bajo Costo de Producción.

CRITERIO C	1	2	3	4	5	6	Suma	Porcentaje
1. Capuchón San Felipe		3	5	1	3	5	17	11,33%
2. Capuchón Pure Water	7		7	3	5	7	29	19,33%
3. Capuchón Agua Luz	5	3		1	5	7	21	14,00%
4. Capuchón Tesalia	9	7	9		7	9	41	27,33%
5. Capuchón Las Rocas	7	5	5	3		5	25	16,67%
6. Capuchón Trans Pureza	5	3	3	1	5		17	11,33%
							150	100%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Luego se observa el criterio Pocas devoluciones de PNC (producto no conforme). Este criterio se refiere a que cantidad y que tan seguido es devuelto el producto que no cumple las especificaciones, así, mientras sean pocas las devoluciones es más positivo para la empresa. En la tabla 4.5 se ve que el criterio puede tener relación con el criterio anterior de bajo de costo de producción, como se puede observar dos de los productos de mayor importancia en el criterio anterior también lo son en este. Las devoluciones no necesariamente dependerán de la exigencia del cliente. Podría suceder que existan fallas en el proceso productivo y por tal razón se entregan constantemente productos no conformes.

Tabla 4.5: Comparación de capuchones para el criterio Pocas Devoluciones de PNC.

CRITERIO D	1	2	3	4	5	6	Suma	Porcentaje
1. Capuchón San Felipe		7	5	9	5	5	31	20,67%
2. Capuchón Pure Water	3		3	7	5	7	25	16,67%
3. Capuchón Agua Luz	5	7		9	5	5	31	20,67%
4. Capuchón Tesalia	1	3	1		3	1	9	6,00%
5. Capuchón Las Rocas	5	5	5	7		5	27	18,00%
6. Capuchón Trans Pureza	5	3	5	9	5		27	18,00%
							150	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Por último está el criterio Alta rotación, que se refiere a que tan seguido se debe realizar el producto debido a los pedidos realizados por el cliente. Mientras más seguidos sean los pedidos más alta será la rotación del producto. El Capuchón Tesalia tiene un valor de mayor importancia en comparación con los demás.

Tabla 4.6: Comparación de capuchones para el criterio Alta rotación.

CRITERIO E	1	2	3	4	5	6	Suma	Porcentaje
1. Capuchón San Felipe		1	3	1	1	5	11	7,33%
2. Capuchón Pure Water	9		7	3	7	9	35	23,33%
3. Capuchón Agua Luz	7	3		1	5	7	23	15,33%
4. Capuchón Tesalia	9	7	9		7	9	41	27,33%
5. Capuchón Las Rocas	9	3	5	3		7	27	18,00%
6. Capuchón Trans Pureza	5	1	3	1	3		13	8,67%
							150	100%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En base a las tablas 4.2 a la 4.6 se puede decir que el Capuchón Tesalia se produce en un volumen alto y tiene una alta rotación, esto combinado con sus bajos costos de producción hace que sea un producto importante para la empresa; pero a pesar de que la exigencia del cliente no es muy alta existen muchas devoluciones de PNC por lo que se podría deducir que existe algún problema en la producción de éste. Pero eso se podrá ver más adelante.

A continuación se realiza una matriz síntesis en el cual se compara los pesos de los criterios con los pesos de los productos, esta se puede observar en la tabla 4.7. Los resultados para cada producto se obtienen mediante la Suma Producto de cada criterio con cada Capuchón. Finalmente, se determina cuál es la mejor alternativa, que en este caso es el Capuchón Tesalia con 18,91%. De acuerdo a la tabla 4.7 se puede decir que la elección del Capuchón Tesalia como producto para ser mejorado ha sido la correcta ya que en el proceso de inyección es el de mayor importancia.

Tabla 4.7: Matriz síntesis de Capuchones.

	A. Alto volumen de producción	B. Baja exigencia del cliente.	C. Bajo costo de producción.	D. Pocas devoluciones de PNC	E. Alto volumen de ventas	
	20%	16%	28%	26%	10%	Porcentaje
1. Capuchón San Felipe	8,67%	20,67%	11,33%	20,67%	7,33%	14,32%
2. Capuchón Pure Water	24,67%	10,00%	19,33%	16,67%	23,33%	18,61%
3. Capuchón Agua Luz	12,67%	20,67%	14,00%	20,67%	15,33%	16,67%
4. Capuchón Tesalia	24,67%	12,67%	27,33%	6,00%	27,33%	18,91%
5. Capuchón Las Rocas	18,00%	15,33%	16,67%	18,00%	18,00%	17,20%
6. Capuchón Trans Pureza	11,33%	20,67%	11,33%	18,00%	8,67%	14,29%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.2.1.2 Matriz de Priorización Galón Marcseal

El Galón Marcseal es analizado de la misma manera que lo anteriormente revisado en el Capuchón Tesalia. Se toma en cuenta el mismo método de calificación. En cuanto al cuadro de criterios es el mismo ya que esos son los criterios de importancia para la empresa, así se observa nuevamente, en la tabla 4.8, que el criterio más importante es el bajo costo de producción.

Tabla 4.8: Priorización de criterios para los Galones.

	A	B	C	D	E	Suma	Porcentaje
A. Alto volumen de producción.		7	3	1	9	20	20,00%
B. Baja exigencia del cliente.	3		3	5	5	16	16,00%
C. Bajo costo de producción.	7	7		5	9	28	28,00%
D. Pocas devoluciones de PNC	9	5	5		7	26	26,00%
E. Alta rotación	1	5	1	3		10	10,00%
						100	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el criterio Alto volumen de producción se ve que el Galón Marcseal es el que cumple con un porcentaje mucho más alto que los demás lo que significa que su producción es mayor que los otros productos.

Tabla 4.9: Comparación de galones para el criterio Alto volumen de producción.

CRITERIO A	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1. Galón Tapa 100		3	1	5	3	12	12,00%
2. Galón Cuadrado	7		3	7	5	22	22,00%
3. Galón Marcseal	9	7		9	7	32	32,00%
4. Galón Cilíndrico	5	3	1		3	12	12,00%
5. Galón Rectangular	7	5	3	7		22	22,00%
						100	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En cuanto a la Baja exigencia del cliente, en la tabla 4.10 se puede observar que los clientes menos exigentes son los del producto Galón Rectangular. Los clientes del Galón Marcseal tienen una alta exigencia en comparación a los demás.

Tabla 4.10: Comparación de galones para el criterio Baja exigencia del cliente

CRITERIO B	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1. Galón Tapa 100		7	9	7	7	30	30,00%
2. Galón Cuadrado	3		5	5	3	16	16,00%
3. Galón Marcseal	1	5		1	3	10	10,00%
4. Galón Cilíndrico	3	5	9		3	20	20,00%
5. Galón Rectangular	3	7	7	7		24	24,00%
						100	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Para el criterio Bajo costo de producción también se encuentra que el Galón Marcseal es el producto que mejor cumple con un porcentaje de 28%.

Tabla 4.11: Comparación de galones para el criterio Bajo costo de producción.

CRITERIO C	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1. Galón Tapa 100		3	3	5	5	16	16,00%
2. Galón Cuadrado	7		5	7	5	24	24,00%
3. Galón Marcseal	7	5		9	7	28	28,00%
4. Galón Cilíndrico	5	3	1		5	14	14,00%
5. Galón Rectangular	5	5	3	5		18	18,00%
						100	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el criterio Pocas devoluciones de PNC el producto que mejor cumple es el Galón Tapa 100. El Galón Marcseal se encuentra con el porcentaje más bajo lo que significa que tiene las mayores devoluciones de PNC.

Tabla 4.12: Comparación de galones para el criterio Pocas devoluciones de PNC.

CRITERIO D	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1. Galón Tapa 100		5	7	7	7	26	26,00%
2. Galón Cuadrado	5		7	7	3	22	22,00%
3. Galón Marcseal	3	3		3	3	12	12,00%
4. Galón Cilíndrico	3	3	7		3	16	16,00%
5. Galón Rectangular	3	7	7	7		24	24,00%
						100	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

El producto que mejor cumple el criterio Alta rotación es el Galón Marcseal con un elevado porcentaje de 32%.

Tabla 4.13: Comparación de galones para el criterio Alta rotación.

CRITERIO E	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1. Galón Tapa 100		1	1	3	3	8	8,00%
2. Galón Cuadrado	9		3	7	5	24	24,00%
3. Galón Marcseal	9	7		9	7	32	32,00%
4. Galón Cilíndrico	7	3	1		3	14	14,00%
5. Galón Rectangular	7	5	3	7		22	22,00%
						100	100,00%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En base a las tablas de la 4.9 a la 4.13 se determina que el Galón Marcseal tiene un alto volumen de producción, una alta rotación y un costo bajo de producción. Estos criterios hacen que sea un producto de mucha importancia para la empresa. La exigencia del cliente de este producto es alta y de igual manera las devoluciones de PNC son muchas, por lo que es importante empezar a trabajar en mejorarlo.

Tabla 4.14: Matriz síntesis para los galones.

	A. Alto volumen de producción	B. Baja exigencia del cliente.	C. Bajo costo de producción.	D. Pocas devoluciones de PNC	E. Alto volumen de ventas	
	20,00%	16,00%	28,00%	26,00%	10,00%	Porcentaje
1. Galón Tapa 100	12,00%	30,00%	16,00%	26,00%	8,00%	19,24%
2. Galón Cuadrado	22,00%	16,00%	24,00%	22,00%	24,00%	21,80%
3. Galón Marcseal	32,00%	10,00%	28,00%	12,00%	32,00%	22,16%
4. Galón Cilíndrico	12,00%	20,00%	14,00%	16,00%	14,00%	15,08%
5. Galón Rectangular	22,00%	24,00%	18,00%	24,00%	22,00%	21,72%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la matriz síntesis se observa que el Galón Marcseal es el producto de mayor importancia con un porcentaje del 22,16%.

Finalmente, de acuerdo a las tablas 4.7 y 4.14 se puede definir que el Capuchón Tesalia y el Galón Marcseal son los productos de mayor importancia para la empresa, por lo cual se va a trabajar en ambos.

4.2.2 Características Críticas

Una vez definidos los productos en los que se va a trabajar es necesario saber en qué parte del proceso se lo va a hacer. Esto se realiza mediante el análisis de las características críticas.

Las características críticas son varias, se empieza a partir del cliente: CTS (críticas para la satisfacción), luego se realiza las CTY que se refieren a las características del producto y finalmente, las CTX que se refiere al proceso.

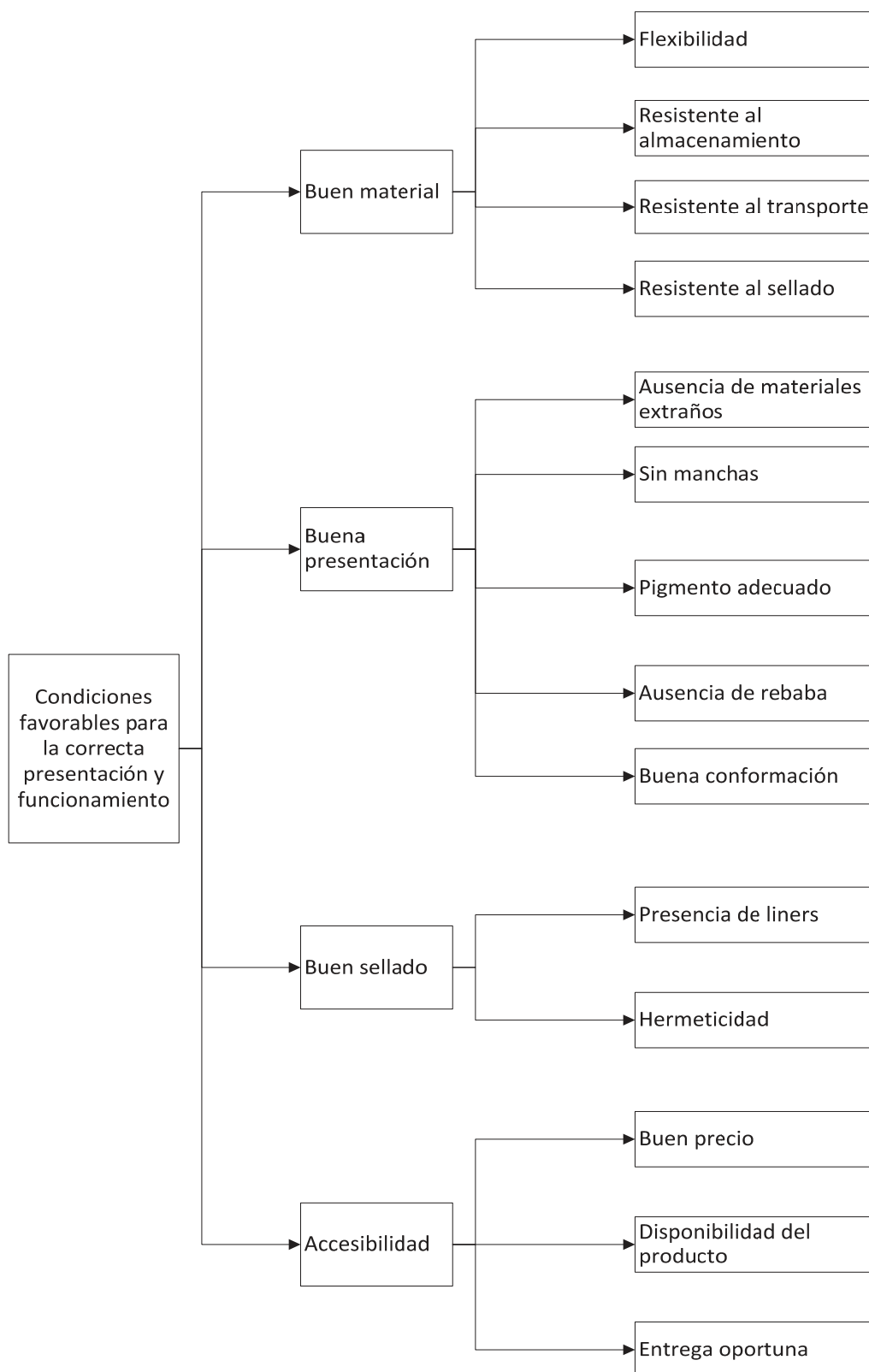
4.2.2.1 Características Críticas Capuchón Tesalia

Para este método es necesario realizar primero un diagrama de árbol. Por lo tanto en el gráfico 4.1 observamos el Diagrama de árbol que nos ayuda a identificar las características críticas del cliente (CTS) para el Capuchón Tesalia. A partir del diagrama de árbol se realiza una matriz en la cual se analizan y priorizan las características en base al índice de importancia del cliente (IIC) y el grado de no conformidad (GNC). Ambas características son analizadas según la experiencia del departamento de producción, debido a que no se realiza una encuesta a los clientes para saber su grado de satisfacción.

La calificación usada para esto es la siguiente:

IIC		GNC	
9	Muy importante	9	Muy alto
7	Importante	7	Alto
5	Medianamente importante	5	Medio
3	Poco importante	3	Bajo
1	Muy poco importante	1	Muy bajo

De igual manera las calificaciones asignadas para la realización de las características críticas fueron proporcionadas por el jefe de producción de la empresa. En la tabla 4.15 se puede observar el análisis de los atributos importantes del Capuchón Tesalia y se calcula el índice de prioridad, el cual es el producto del IIC y el GNC. A partir de eso, se elabora un análisis de Pareto, para poder observar cual es el atributo que tiene mayor importancia. El análisis de Pareto consiste en identificar los problemas más relevantes, basándose en el principio 80-20, es decir el 20% de los defectos radican en el 80% de los procesos. Así en el gráfico 4.2 se determina que los parámetros con mayor prioridad son: pigmento adecuado, resistente al sellado, disponibilidad del producto y buena conformación.

Gráfico 4.1: Diagrama de árbol CTS Capuchón Tesalia.

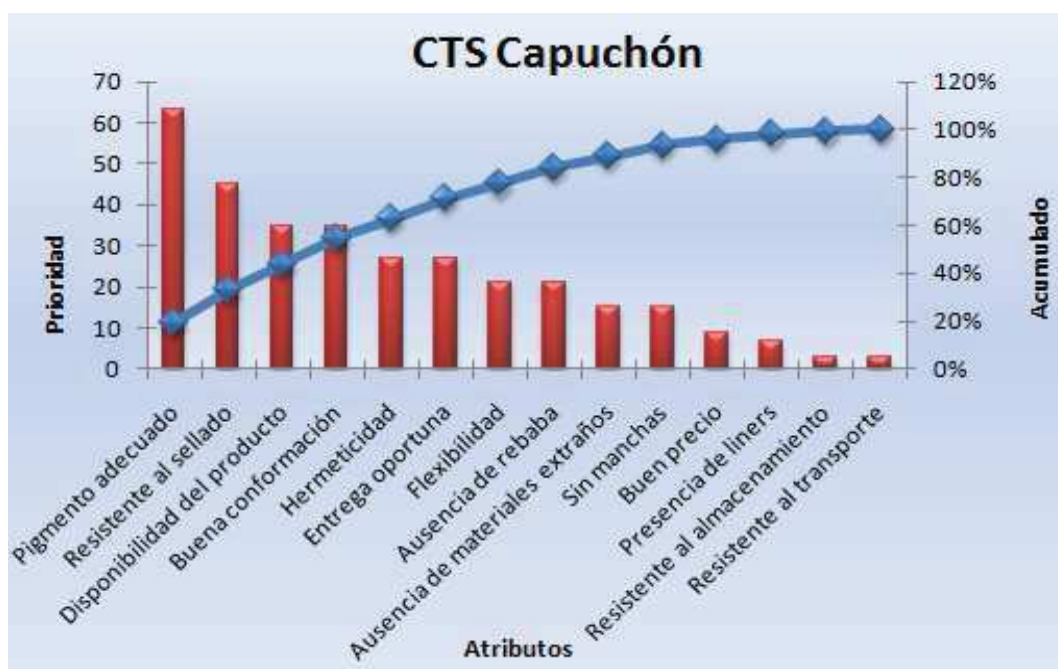
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Tabla 4.15: Matriz del índice de prioridad para las CTS del Capuchón Tesalia.

Atributos	IIC	GNC	PRIORIDAD
Resistente al almacenamiento	3	1	3
Resistente al transporte	3	1	3
Resistente al sellado	9	5	45
Flexibilidad	7	3	21
Ausencia de materiales extraños	5	3	15
Sin manchas	5	3	15
Ausencia de rebaba	7	3	21
Pigmento adecuado	9	7	63
Buena conformación	7	5	35
Presencia de liners	7	1	7
Hermeticidad	9	3	27
Buen precio	9	1	9
Disponibilidad del producto	5	7	35
Entrega oportuna	9	3	27

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Gráfico 4.2: Pareto del índice de prioridad del Capuchón Tesalia

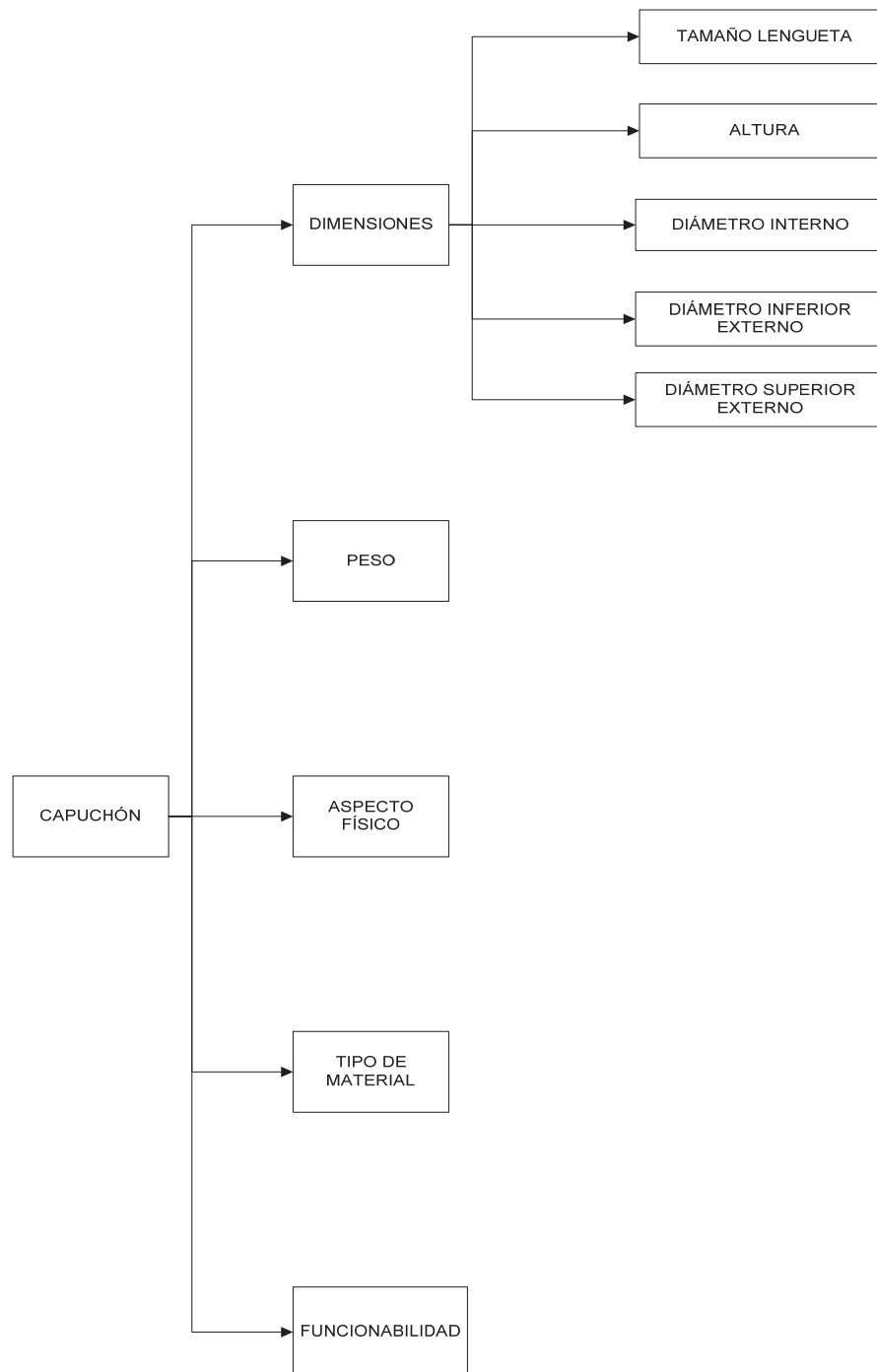


Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Una vez determinadas las CTS importantes se procede a relacionarlas con las características del producto, CTY. Igual que antes para determinar las CTY es

necesario realizar un diagrama de árbol. En el gráfico 4.3 se observa el diagrama de árbol para las características del producto CTY del Capuchón Tesalia.

Gráfico 4.3: Diagrama de árbol CTY Capuchón Tesalia



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Tabla 4.16: Matriz de relación entre CTS y CTY para el Capuchón Tesalia.

CTS \ CTY	Pigmento adecuado	Resistente al sellado	Disponibilidad del Producto	Buena Conformación		
	0,19	0,14	0,11	0,11		
Tamaño de la lengüeta			9	9	1,98	11%
Altura			7	7	1,54	9%
Diametro superior externo		7	9	5	2,52	14%
Diametro inferior externo			5	5	1,1	6%
Diametro interno		9	9	5	2,8	16%
Peso			7		0,77	4%
Aspecto fisico	9		9	9	3,69	21%
Tipo de material		9	9		2,25	13%
Funcionabilidad		9			1,26	7%
					17,91	100%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

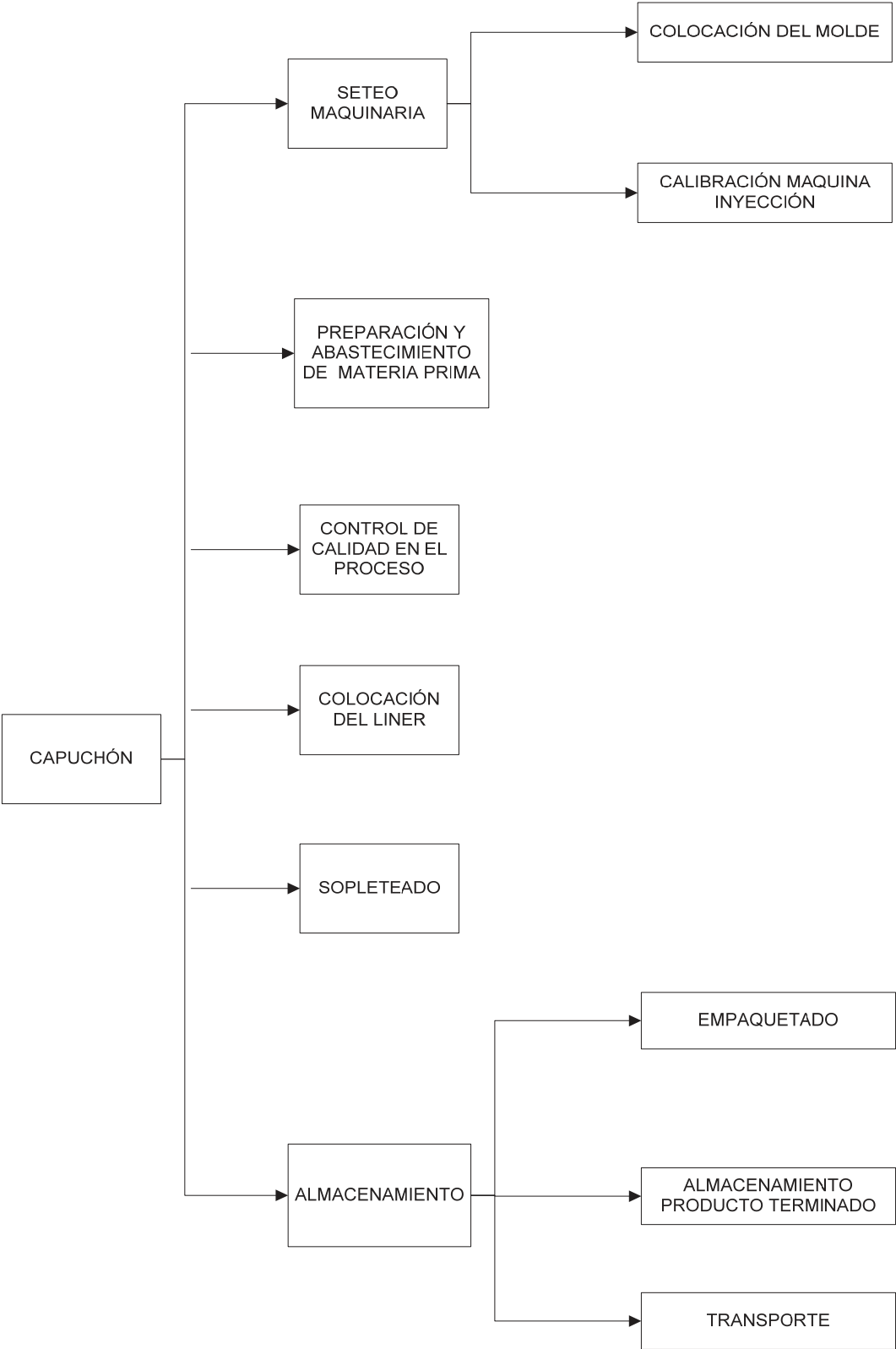
En la tabla 4.16 se muestra los resultados obtenidos de la relación entre CTS y CTY. A partir de eso se realiza un análisis de Pareto, encontrando al aspecto físico, diámetro interno, diámetro superior externo y tipo de material como la mayor prioridad.

Gráfico 4.4: Pareto de CTY del capuchón Tesalia



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Gráfico 4.5: Diagrama de árbol CTX del Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Por último es necesario relacionar las características del producto CTY con las características del proceso CTX. En el gráfico 4.5 se observa el diagrama de árbol de las CTX. A continuación se realiza la relación CTY – CTX lo cual se puede observar en la tabla 4.17. En base a los resultados de esta tabla se realiza un análisis de Pareto como se ve en el gráfico 4.6, y así se determina que la CTX de mayor importancia es el control de la calidad en el proceso. Esta actividad afecta directamente al aspecto físico del Capuchón Tesalia, y a su vez está relacionada directamente con el pigmento adecuado y la buena conformación del producto. Luego, mediante este análisis se encuentra que tres características técnicas del producto se ven afectadas y estas son: diámetro interno, diámetro superior externo y tipo de material. Ver gráficos 4.2 y 4.4.

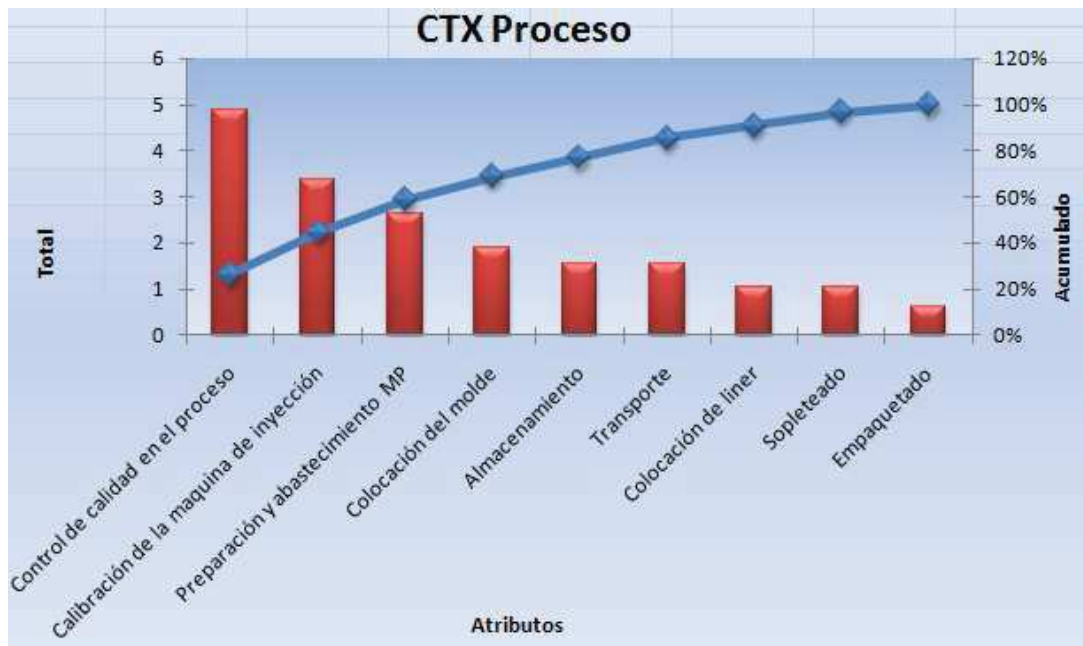
Finalmente, la característica técnica que se utiliza para realizar las mediciones necesarias es el diámetro interno del Capuchón Tesalia. Mediante el análisis del diámetro interno se puede encontrar las posibles causas de variabilidad en el proceso de Inyección. Las otras características del proceso CTX de alta importancia son: calibración de la máquina de inyección, preparación y abastecimiento de materia prima y colocación del molde.

Tabla 4.17: Matriz de relación entre CTY y CTX de Capuchón Tesalia.

CTX \ CTY	Aspecto físico	Diámetro interno	Diámetro superior externo	Tipo de material		
	0,21	0,16	0,14	0,13		
Colocación del molde	9				1,89	10%
Calibración de la maquina de inyección	9	5	5		3,39	18%
Preparación y abastecimiento de la materia prima	7			9	2,64	14%
Control de calidad en el proceso	9	7	7	7	4,9	26%
Colocación de liner	5				1,05	6%
Sopleteado	5				1,05	6%
Empaquetado	3				0,63	3%
Almacenamiento	3	3	3		1,53	8%
Transporte	3	3	3		1,53	8%
					18,61	100%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Gráfico 4.6: Pareto de CTX del Capuchón Tesalia.

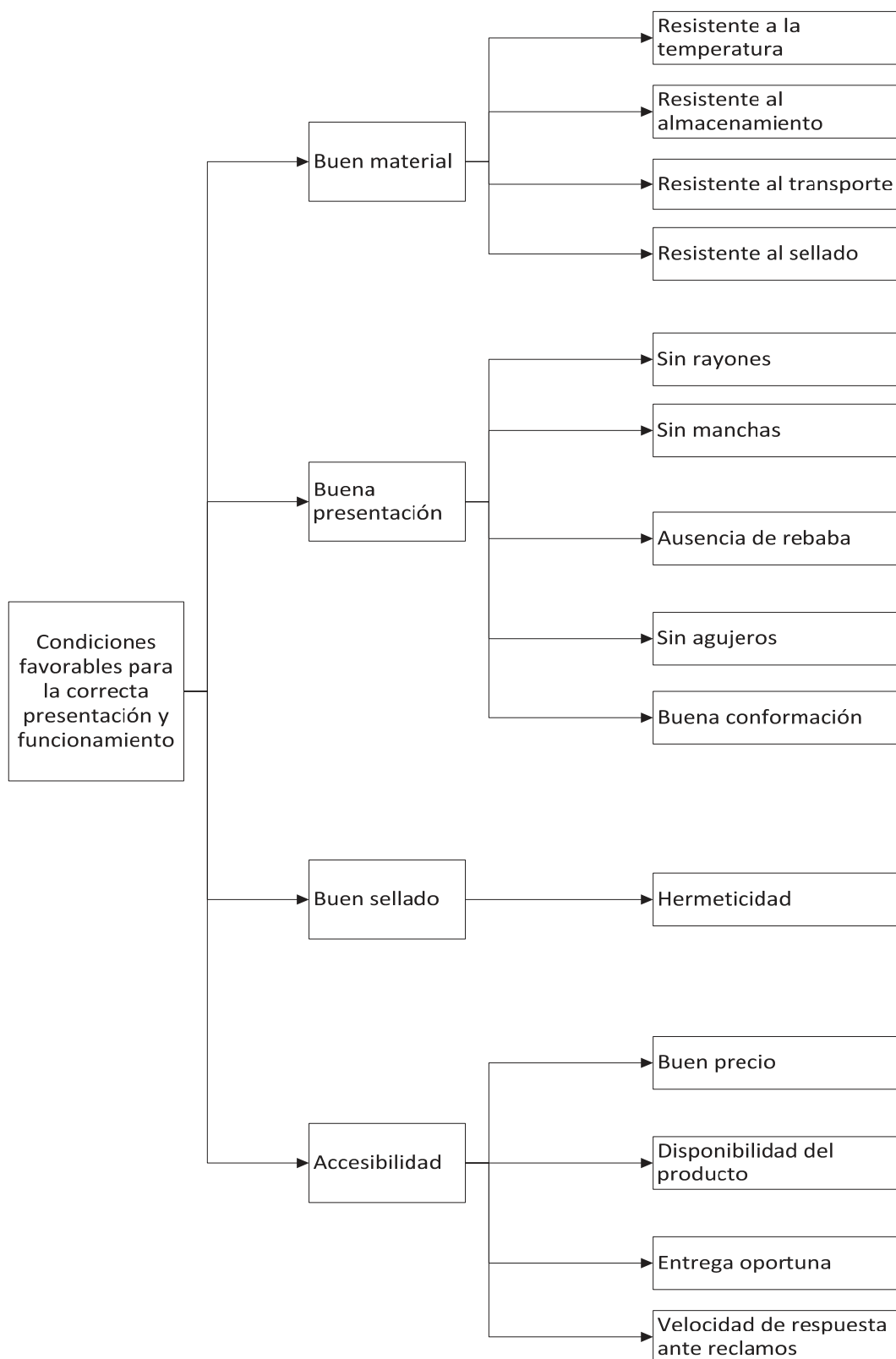


Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.2.2.2 Características Críticas Galón Marcseal

Se realizó el mismo procedimiento para determinar las CTX de mayor prioridad para el Galón Marcseal. Así se empieza realizando el diagrama de árbol para las CTS que se observa en el gráfico 4.7.

Gráfico 4.7: Diagrama de árbol de las CTS del Galón Marcseal.



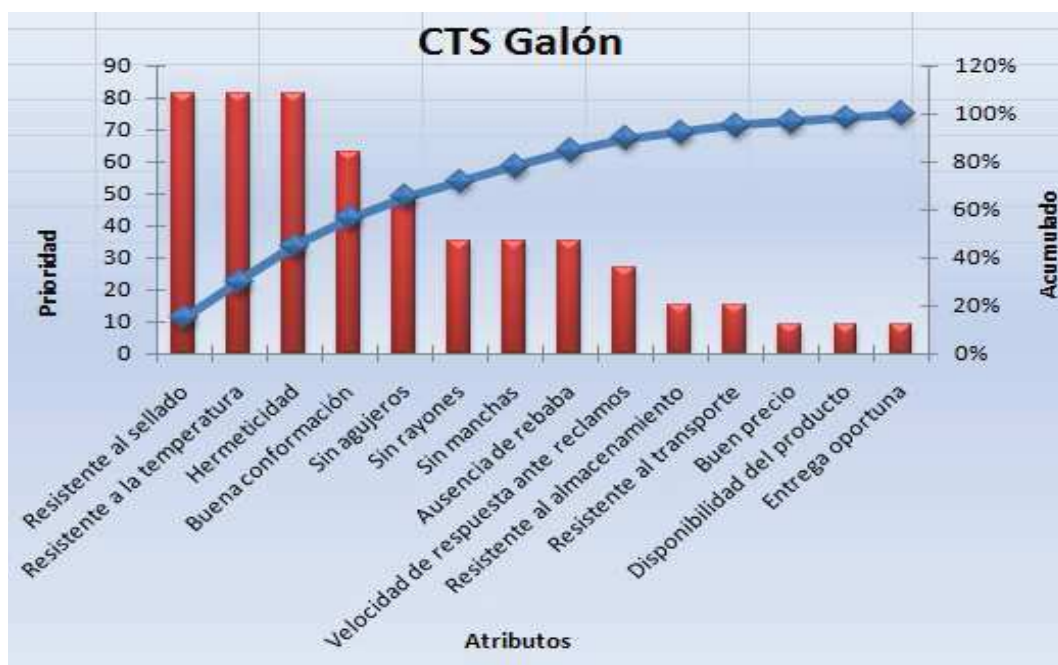
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Tabla 4.18: Matriz del Índice de Prioridad para el Galón Marcseal.

Atributos	IIC	GNC	PRIORIDAD
Resistente al almacenamiento	5	3	15
Resistente al transporte	5	3	15
Resistente al sellado	9	9	81
Resistente a la temperatura	9	9	81
Sin rayones	7	5	35
Sin manchas	7	5	35
Ausencia de rebaba	7	5	35
Sin agujeros	7	7	49
Buena conformación	9	7	63
Hermeticidad	9	9	81
Buen precio	9	1	9
Disponibilidad del producto	9	1	9
Entrega oportuna	9	1	9
Velocidad de respuesta ante reclamos	9	3	27

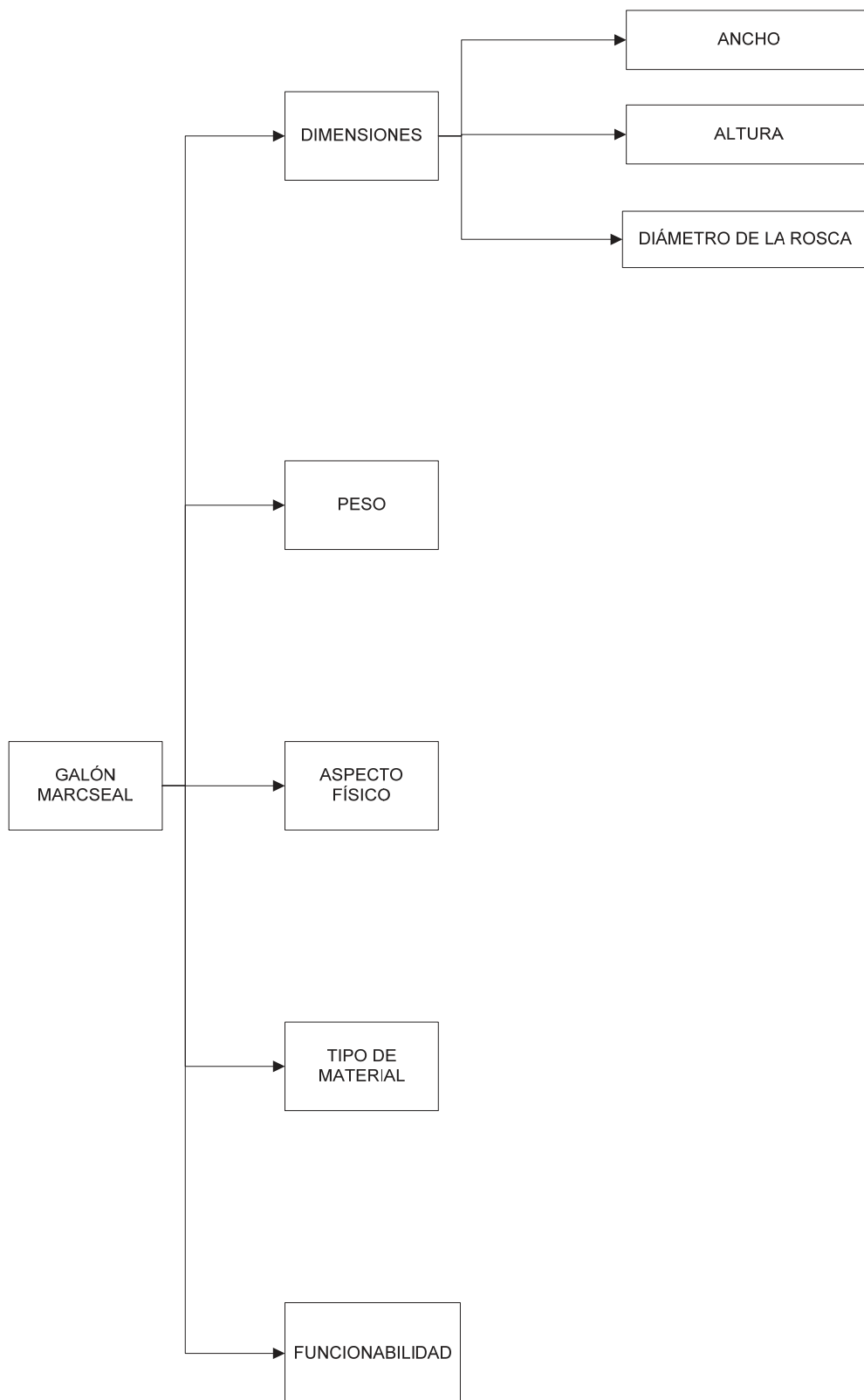
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Gráfico 4.8: Pareto del índice de prioridad para el Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

A partir del análisis de Pareto del gráfico 4.8 se determina que los atributos de mayor prioridad para el Galón Marcseal son: resistente al sellado, resistente a la temperatura, hermeticidad y buena conformación.

Gráfico 4.9: Diagrama de árbol CTY Galón Marcseal.

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

A continuación se realiza la relación entre características del cliente CTS y características del producto CTX del Galón Marcseal, obteniendo los resultados observados en la tabla 4.19. A partir de esto se elaboró el análisis de Pareto apreciado en el gráfico 4.10, el cual da como resultado que las CTY de mayor importancia son: diámetro de la rosca, funcionamiento, peso, aspecto físico.

Tabla 4.19: Matriz de relación entre CTS y CTY del Galón Marcseal.

CTY \ CTS	Resistente al sellado	Resistente a la temperatura	Hermeticidad	Buena conformación		
	0,15	0,15	0,15	0,12		
Diámetro de la rosca	5	5	9	7	3,69	22%
Ancho				5	0,6	4%
Altura				5	0,6	4%
Aspecto físico	7			9	2,13	13%
Tipo de material	7	7			2,1	13%
Peso	9	9		9	3,78	23%
Funcionabilidad	7	9	9		3,75	23%
					16,65	100%

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

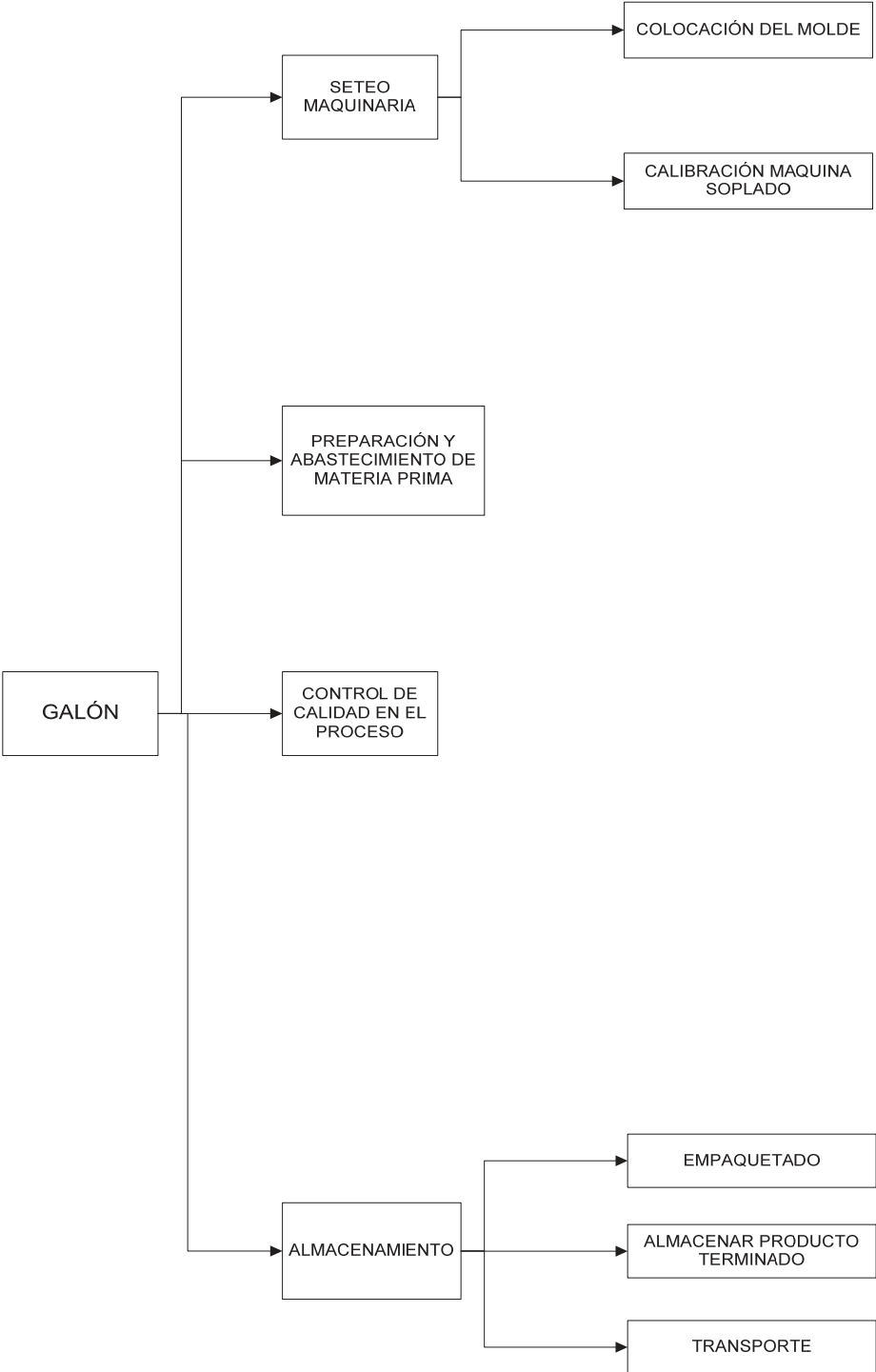
Gráfico 4.10: Pareto de las CTY del Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

A continuación se observa el diagrama de árbol para las CTX críticas para el proceso.

Gráfico 4.11: Diagrama de árbol CTX Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la tabla 4.20 se aprecia la relación de las características CTY – CTX para el Galón Marcseal.

Tabla 4.20: Matriz de relación entre CTY y CTX del Galón Marcseal.

CTY \ CTX	Diámetro de la rosca	Funcionabilidad	Peso	Aspecto físico		
		0,22	0,23	0,23	0,13	
Colocación del molde	9	9		7	4,96	20%
Calibración de la maquina de soplado	5	5	7	7	4,77	19%
Preparación y abastecimiento de la materia prima	5	5	7	5	4,51	18%
Control de calidad en el proceso	9	9	9	7	7,03	28%
Empaquetado		3		3	1,08	4%
Almacenamiento		3		3	1,08	4%
Transporte		3		5	1,34	5%
					24,77	100%

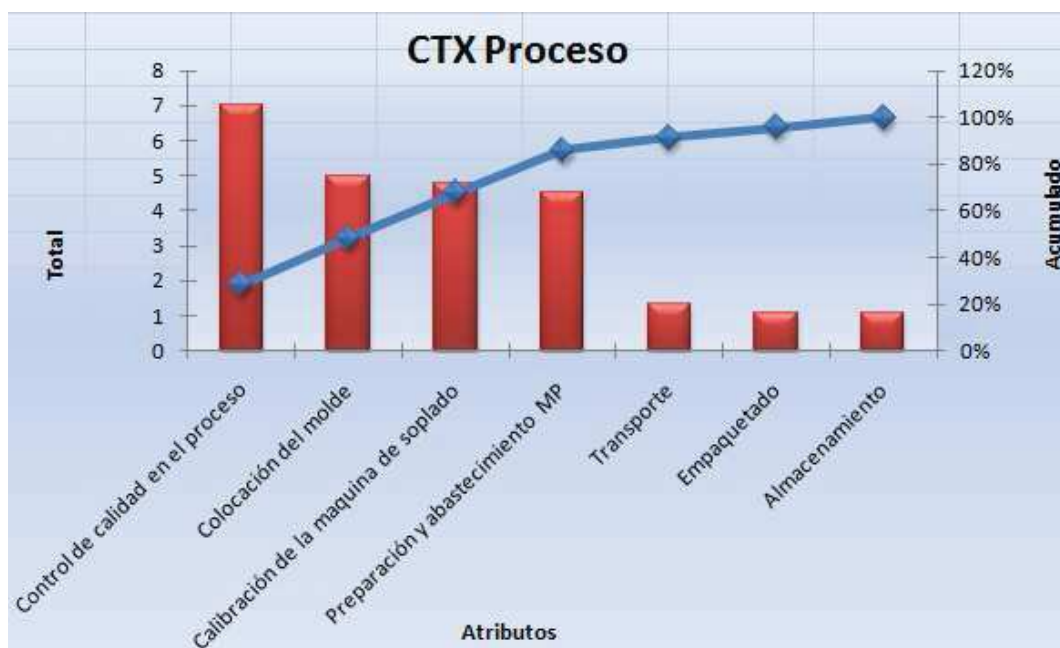
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

El análisis de Pareto del gráfico 4.12 determina la mayor prioridad al control de calidad en el proceso. Por consiguiente se puede determinar de acuerdo a la tabla 4.20 que la característica más importante es el peso, por esta razón se realizará el análisis más a fondo de esta característica técnica del Galón Marcseal y así poder encontrar las causas de la variabilidad en el proceso de Soplado. Ver gráfico 4.10.

El peso se relaciona directamente con el sellado del envase, la resistencia a la temperatura y la buena conformación del mismo. Ver gráfico 4.8.

Existen otras características CTX de importancia y son: colocación del molde, calibración de la máquina, preparación y abastecimiento de la materia prima.

Gráfico 4.12: Pareto de las CTX del Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.2.3 Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC es una herramienta que ayuda a ver cómo está constituido el proceso, así se puede observar las entradas, proveedores, salidas y clientes a lo largo de todo el proceso. Este diagrama tiene dos niveles: macro y detallado. En la fase definir se utiliza los diagramas SIPOC macro ya que permite tener una visión general del proceso; a continuación se observa el Sipoc macro para el Capuchón Tesalia y el galón Marcseal en las tablas 4.21 y 4.22 respectivamente.

Tabla 4.21: Diagrama SIPOC macro del proceso de inyección para el Capuchón Tesalia.

Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Ciente	Pedido	Inicio: Necesidad del cliente de adquirir el producto	Orden de producción	Área de producción
Importación directa	PEAD	Proceso de Inyección	Capuchón Terminado	Área de almacenamiento
Importación directa	PEBD			
Importación directa	Pigmento violeta 02			
Área de moldes	Molde			
Área de mecánica	Herramientas de calibración			
Área de LINERS	Liners			
Área de Producción	Capuchón Terminado	Empaquetamiento y Almacenamiento		
		Final: Despacho del producto terminado	Capuchón Empaquetado	The Tesalia Spring Co.

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Tabla 4.22: Diagrama SIPOC macro del proceso de soplado para el Galón Marcseal.

Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Ciente	Pedido	Inicio: Necesidad del cliente de adquirir el producto	Orden de producción	Área de producción
Importación directa	PEAD	Proceso de soplado	Galón terminado	Área de almacenamiento
Área de moldes	Molde			
Área de mecánica	Herramientas de calibración			
Área de producción	Galón terminado	Empaquetamiento y Almacenamiento		
		Final: Despacho del producto terminado	Galón Empaquetado	Marcseal

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.2.4 Cuadro del Proyecto

Para concluir la fase definir, basándose en toda la información obtenida hasta el momento es necesario realizar una declaración del alcance, los objetivos y los participantes del proyecto. Esto se hace a través de un cuadro de proyecto (Project Charter). En el Cuadro de Proyecto se describen componentes importantes de la metodología y se lo hace para poder observar de forma global la definición del problema del proyecto Seis Sigma. En la tabla 4.23 se puede apreciar el cuadro del proyecto.

Tabla 4.23: Cuadro del proyecto

Proceso		
Producción de Capuchón Tesalia para botellón de agua, mediante Inyección. Producción de envase Galón Marcseal para salsa de tomate, mediante Soplado.		
Planteamiento del problema		
Existen índices elevados de variabilidad en los procesos de producción del Capuchón Tesalia y del Galón Marcseal, lo que impide alcanzar un rendimiento óptimo y altos estándares de calidad.		
Alcance del proyecto		
El alcance en este proyecto comprende los procesos productivos de Inyección y Soplado, a partir de la preparación de la máquina hasta el almacenamiento de los producto terminados.		
Objetivos		
Reducir la variación existente en las características técnicas de los productos y mejorar la producción.		
Beneficios esperados		
Mejorar la Calidad de los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal.		
Eliminar reclamos y devoluciones de los clientes.		
Disminuir los costos producidos por productos no conformes.		
Cronograma Fecha de inicio	Plan	Actual
Definir	15 de Octubre del 2010	20 de Septiembre del 2010
Medir	25 de Noviembre del 2010	5 de Noviembre del 2010
Analizar	10 de Enero del 2010	15 de Enero del 2011
Mejorar	15 de Febrero del 2011	22 de Febrero del 2011
Controlar	1 de Marzo del 2011	4 de Marzo del 2011
Equipo		
Campeón	Ing. José Toscano	
Miembros del equipo:	Función	Porcentaje de tiempo
Ing. Ramiro Aulestia	Jefe de producción y calidad.	30%
Julieta Pérez	Miembro del equipo Green Belt	100%
Christian Jaramillo	Miembro del equipo Green belt	100%
Apoyo Requerido		
Material de Oficina		\$300
Tinta Impresora		\$240
Libros		\$120
Varios		\$360
Transporte		\$210
Total		\$1.230
Entrega		Marzo del 2010

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.3 FASE MEDIR

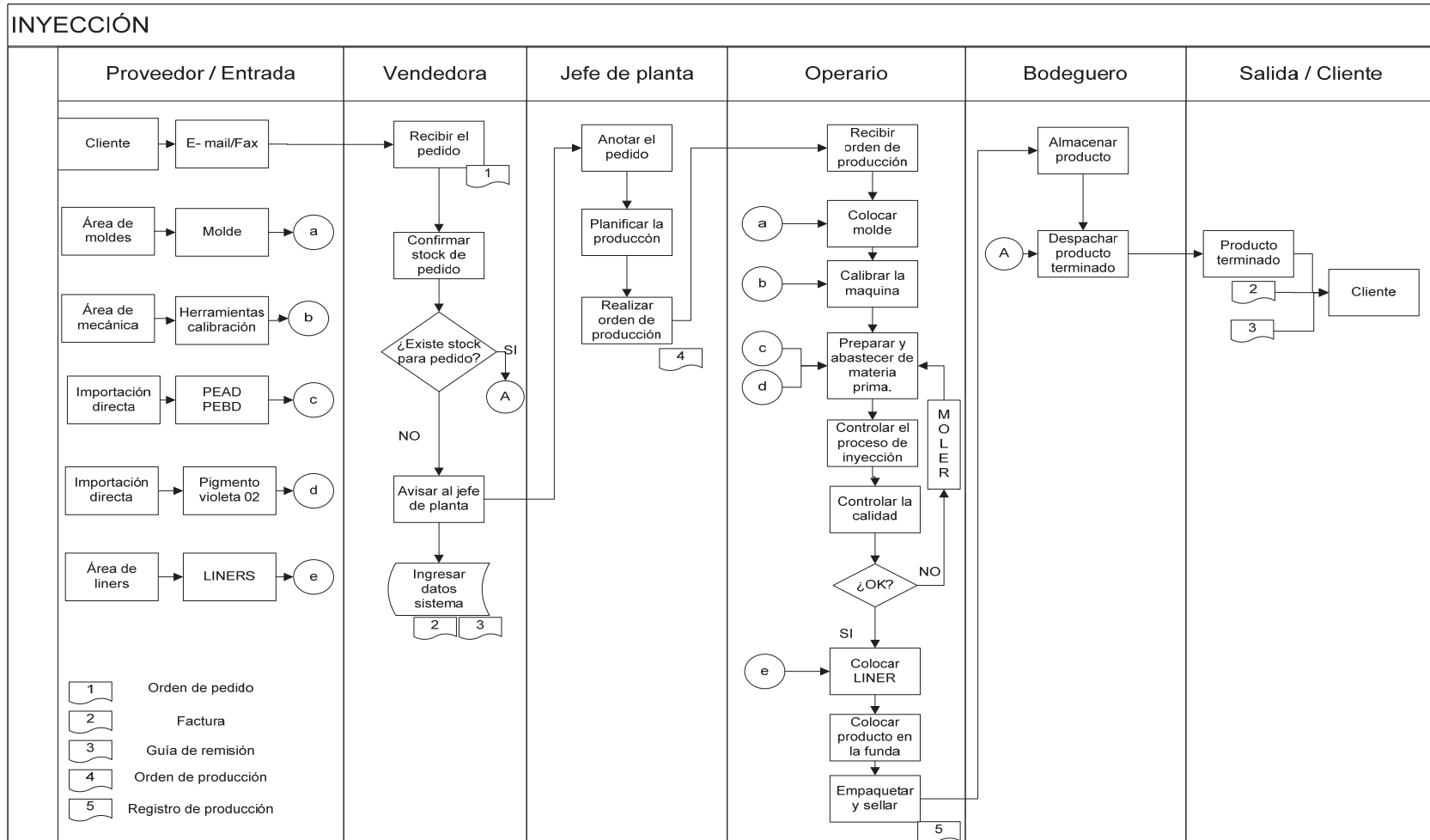
La fase Medir al igual que las otras etapas ya fueron descritas anteriormente en el capítulo 2 de este proyecto de tesis. En esta etapa de manera general se

busca determinar el método de medición mas adecuado, además detallar el proceso y determinar el comportamiento actual del mismo basándose en datos reales.

4.3.1 Diagrama SIPOC Detallado

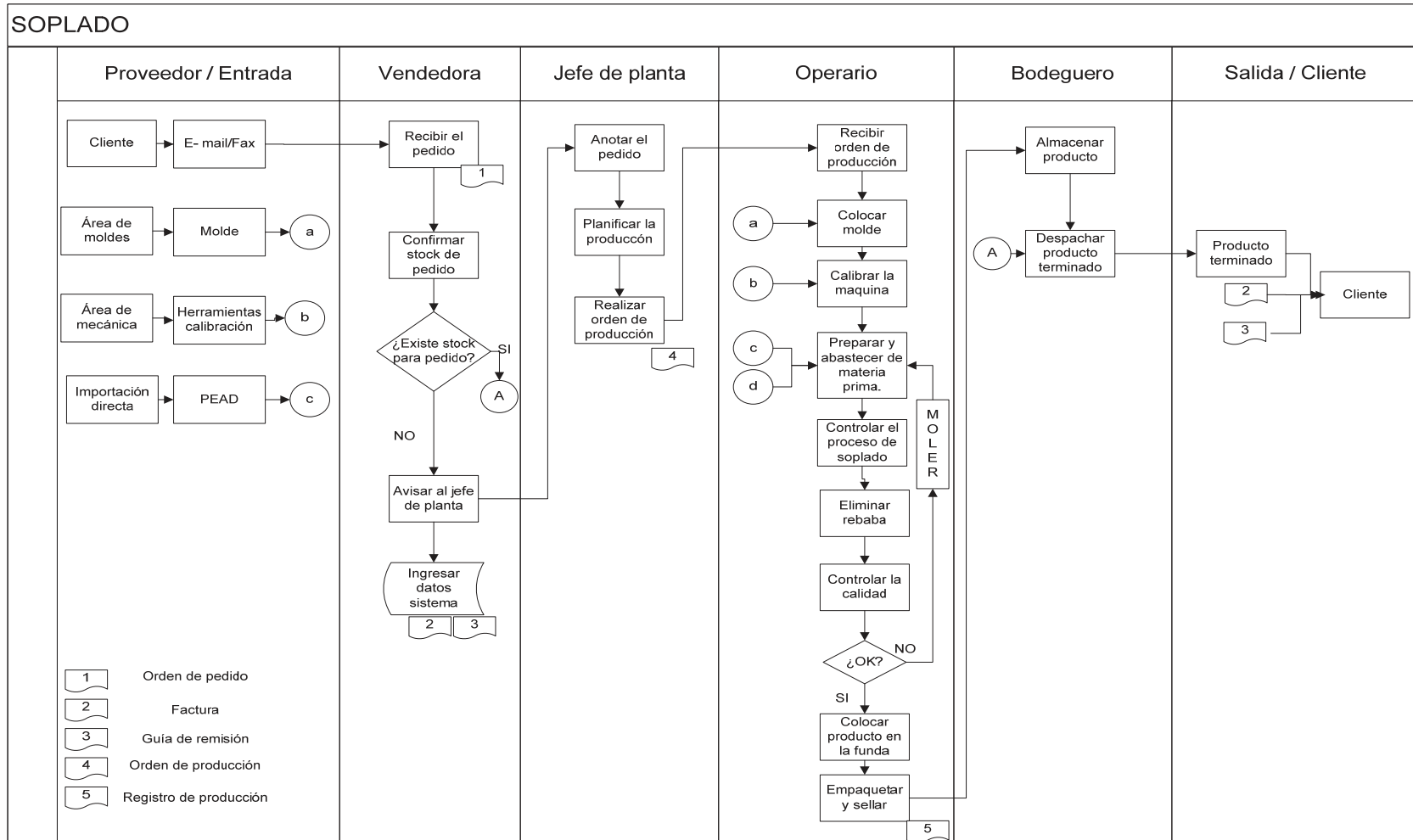
Como se había visto anteriormente el diagrama SIPOC puede tener un nivel macro y un nivel detallado. En esta etapa del proyecto es necesario realizar un SIPOC detallado, lo que permitirá realizar un levantamiento del proceso y tener una mejor visión del mismo. Así se puede observar el diagrama SIPOC detallado del Capuchón Tesalia y del Galón Marcseal en los gráficos 4.13 y 4.14 respectivamente.

Gráfico 4.13. Diagrama SIPOC detallado del proceso de inyección para el Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Gráfico 4.14. Diagrama SIPOC detallado del proceso de soplado para el Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.3.2 Mediciones de Defectos en los Productos

En la fase definir se encontró que para ambos productos una de las características técnicas más críticas son los aspectos físicos. Debido a esto, se elaboró un muestreo aleatorio para el análisis de los defectos en los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. Para esto se elaboró un conteo de los defectos en los productos y así saber el enfoque en la mejora.

4.3.2.1 Defectos en los Aspectos Físicos Capuchón Tesalia

Para el capuchón Tesalia se tomaron cuatro muestras de diferentes tamaños, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4.24: Resultados de las mediciones de defectos en el Capuchón Tesalia.

DEFECTOS	Muestra de 30	Subtotal	Muestra de 30	Subtotal	Muestra de 30	Subtotal	Muestra de 30	Subtotal	TOTAL
Presencia de rebaba	//////////	13	////////// ////	18	////////// //////////	28	////////// ////	19	78
Conformación lengüeta	///	3	///	3	//	2	///	4	12
Conformación general	/	1	///	4	////////////////////////////////////	26	////////// ////////// //////////	28	59
Rayones (Materiales extraños)	/////	6	////////// //////////	16	//////////	10	////////// ////	19	51
Pigmento (Tonalidad)	///	3		0		0	////////// ////	19	22

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el gráfico de pastel 4.15 se puede apreciar el defecto de mayor aparición en el Capuchón Tesalia. Así se determina entonces que la presencia de rebaba es el defecto de mayor ocurrencia en el capuchón tesalia.

Gráfico 4.15: Defectos en el Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.3.2.2 Defectos en los Aspectos Físicos Galón Marcseal

Para el galón Marcseal se tomaron dos muestras aleatorias de tamaño 50, de lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.25: Resultados de las mediciones de defectos en el Galón Marcseal.

DEFECTOS	Muestra de 50	Subtotal	Muestra de 50	Subtotal	TOTAL
Rayones	//////////////////// ////////////////////	50	//////////////////// ////////////////////	50	100
Presencia de rebaba	//////////////////// ////////////////////	50	//////////////////// ////////////////////	50	100
Otros (mancha, puntos...)	////	5	//////////////////// ////////////////////	44	49
Conformación general		0	////////////////////	15	15
Presencia de agujeros en la base		0		0	0
Presencia de agujeros en la agarradera		0		0	0
Presencia de agujeros en el cuello		0		0	0

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

A partir de estos resultados se realizó un gráfico de pastel para una mejor observación. Se puede ver en el gráfico 4.16 que la presencia de rebaba y los rayones tienen la misma ocurrencia, la cual, es también la más alta.

Gráfico 4.16: Defectos en el Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.3.3 Validación del Sistema de Medición

La Evaluación de los sistemas de medición se realiza a partir de la herramienta Isoplot. El Isoplot es una herramienta que valida las mediciones del parámetro que está siendo analizado. Por consiguiente se evitan interpretaciones erróneas debido a la incertidumbre de las mediciones. El Isoplot se realiza extrayendo una muestra aleatoria de 30 piezas de un proceso, enumerándolas en secuencia. Posteriormente, se escoge un operador para medir aleatoriamente cada pieza. Es importante que el operador no sepa cuál es la pieza que está midiendo. Finalmente, el mismo operador vuelve a medir cada pieza pero en diferente orden aleatorio.

La validación del sistema de medición de cada instrumento se realiza por medio de un diagrama de dispersión con los valores de la medición 1 en el eje X y los valores de la medición 2 en el eje Y. Luego se ajusta una recta que divida en igual número de puntos hacia arriba y debajo de la recta. A continuación se traza una línea paralela a la recta media en el segundo punto

más distante y una segunda línea paralela al lado opuesto, abarcando un 95% de las mediciones (ΔM). Para terminar se unen las dos líneas con semicírculos de diámetro ΔM con los centros en la recta media. En la salchicha que se forma se mide la longitud l de la misma y el diámetro ΔM . El criterio de aceptación para validar la calibración del instrumento de medición será:

$$\frac{l}{\Delta M} \geq 8,5$$

4.3.3.1 Validación de las Mediciones del Pie de Rey

En el caso del Capuchón Tesalia la variable a medir es el diámetro interno, por lo tanto se debe verificar la calibración del pie de rey. Para esto se realizó un análisis Isoplot para evaluar la exactitud y precisión de este instrumento de medición. El pie de rey mide superficies externas tanto como internas y profundidades, esta graduado en milímetros con una tolerancia de 0,05 mm.

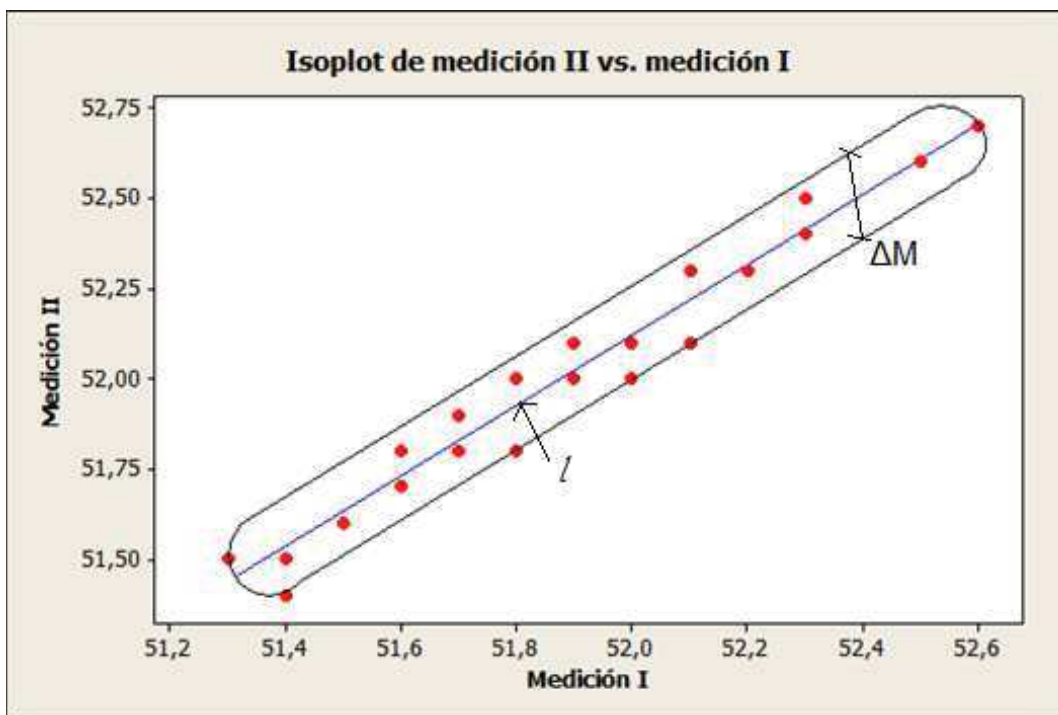
Gráfico 4.17: Pie de Rey graduado en mm.



Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

En el gráfico 4.18 se puede apreciar el análisis Isoplot del pie de rey para el diámetro interno del Capuchón Tesalia. En la salchicha que se forma se encuentra una longitud l de valor 12,4 y un diámetro ΔM de valor 1,05. Por lo tanto el criterio de aceptación es de $11,8 \geq 8,5$. Así entonces se puede validar el sistema de medición del pie de rey para el análisis de las características críticas de los productos, principalmente el diámetro interno del Capuchón Tesalia.

Gráfico 4.18: Isoplot Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.3.3.2 Validación de las Mediciones de la Balanza

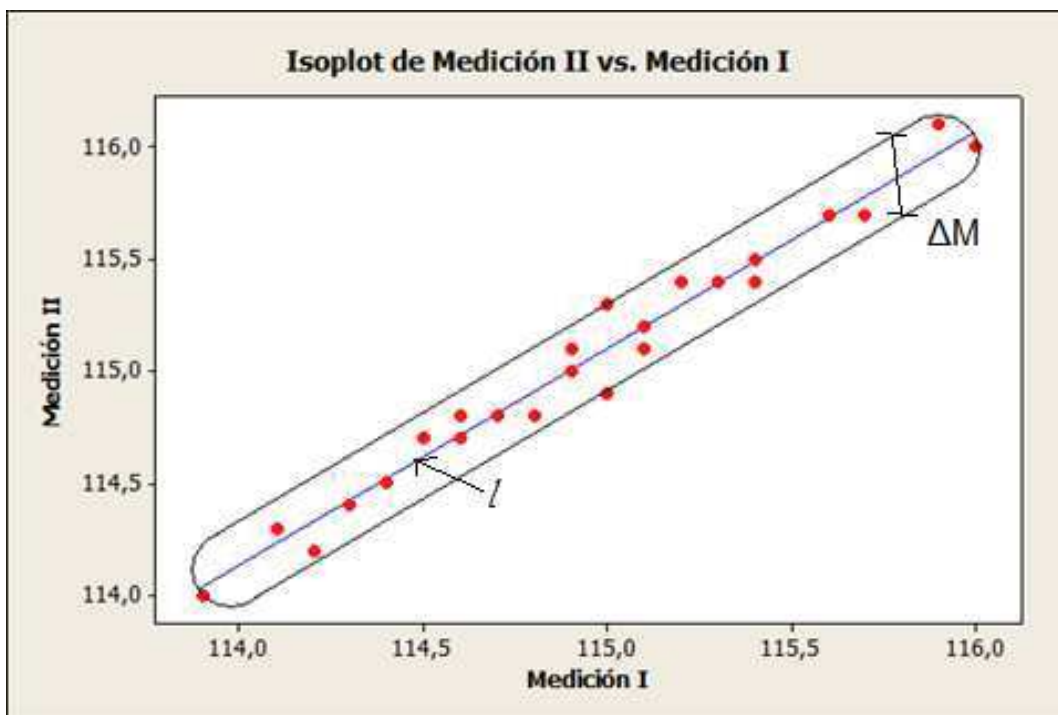
Para el Galón Marcseal la variable crítica de medición definida anteriormente es el peso, así que se verifica la calibración de la balanza para las mediciones de este parámetro. Por lo tanto para determinar si la balanza es la adecuada desde las especificaciones técnicas hasta la calibración, se realiza un análisis Isoplot para evaluar la precisión y exactitud del instrumento de medición. (Ver ANEXO 2).

Gráfico 4.19: Balanza de pesaje.

Fuente: Planta de Conformado de Plástico. 2011.

En el gráfico 4.20 se observa el análisis Isoplot para la balanza de pesaje. El peso es la variable que se midió para el galón Marcseal. La salchicha que se formó tiene una longitud l de valor 12,1 y un diámetro ΔM de valor 1,15. Por consiguiente se tiene un criterio de aceptación de $10,5 \geq 8,5$. El sistema de medición es validado y se tiene una balanza calibrada para las mediciones y análisis de pesaje de los productos.

Gráfico 4.20: Isoplot Galón Marcseal.



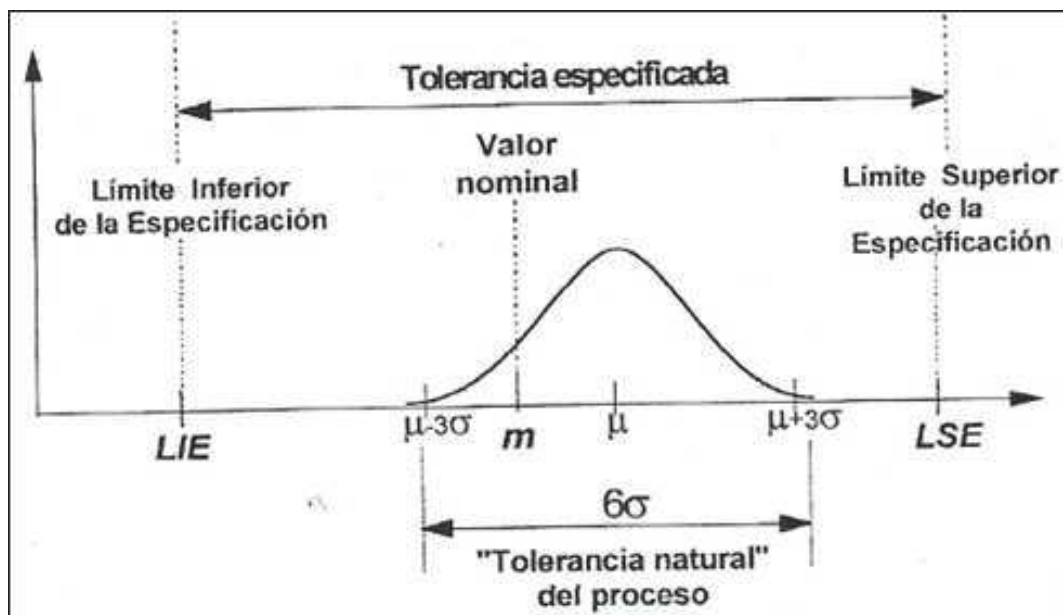
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.3.4 Análisis de la Capacidad del Proceso

Previamente se explicó que las causas especiales son inaceptables e impredecibles y si no se corrigen, existirán errores y defectos en el producto terminado. Es necesario eliminar primero las causas especiales del proceso para realizar este análisis, ya que este estudio consiste en analizar el comportamiento natural del proceso y determinar su estado.

Para definir la capacidad de un proceso es necesario conocer el valor de la media y establecer límites para el mismo. A partir de esto se puede calcular un factor importante que es el C_p . En el gráfico 4.26 se ve la gráfica de la capacidad del proceso C_p , seguido de su respectiva fórmula.

Gráfico 4.21: Índice Cp.



Fuente: De Moura, Eduardo. Formación de Especialistas six sigma. 2009.

Entonces se observa que el análisis de capacidad de proceso es una relación entre la tolerancia especificada y la tolerancia natural o variabilidad natural del proceso. Este análisis ayuda a ver como se encuentra el proceso y si existen valores fuera de los límites especificados.

El cp es un valor que nos indica la capacidad potencial del proceso, es válido solo si la distribución es normal. Para realizar la capacidad del proceso es necesario conocer como se calculan estos valores para la comprensión de los resultados determinados por medio del programa Minitab.

Se ve la fórmula para el cálculo de la Capacidad de proceso Cp

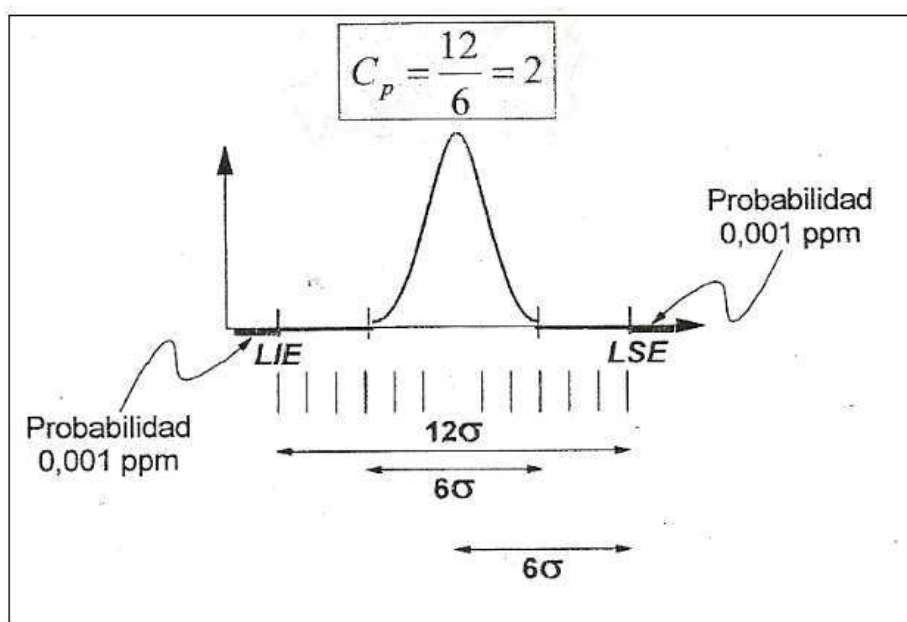
$$Cp = \frac{\text{Tolerancia Específica}}{\text{Tolerancia Natural}} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (4.1)$$

Y la fórmula para la capacidad real Cpk es:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\} \quad (4.2)$$

Usualmente el valor de Cp para los procesos en general se encuentra entre el 1 y 1,33. Para un proceso six sigma es necesario que el Cp sea 2, como se observa en el gráfico 4.27.

Gráfico 4.22: Capacidad para un proceso Seis sigma.



Fuente: De Moura, Eduardo. Formación de Especialistas six sigma. 2009.

A continuación se ve los diferentes valores de Cp, Cpk que representan.

- $C_{pk} < 1$ Proceso incapaz.
- $1 \leq C_p < 1,33$ Proceso parcialmente capaz.
- $1,33 < C_{pk} \leq 2,0$ Proceso capaz.
- $C_{pk} > 2$ Proceso extremadamente capaz.

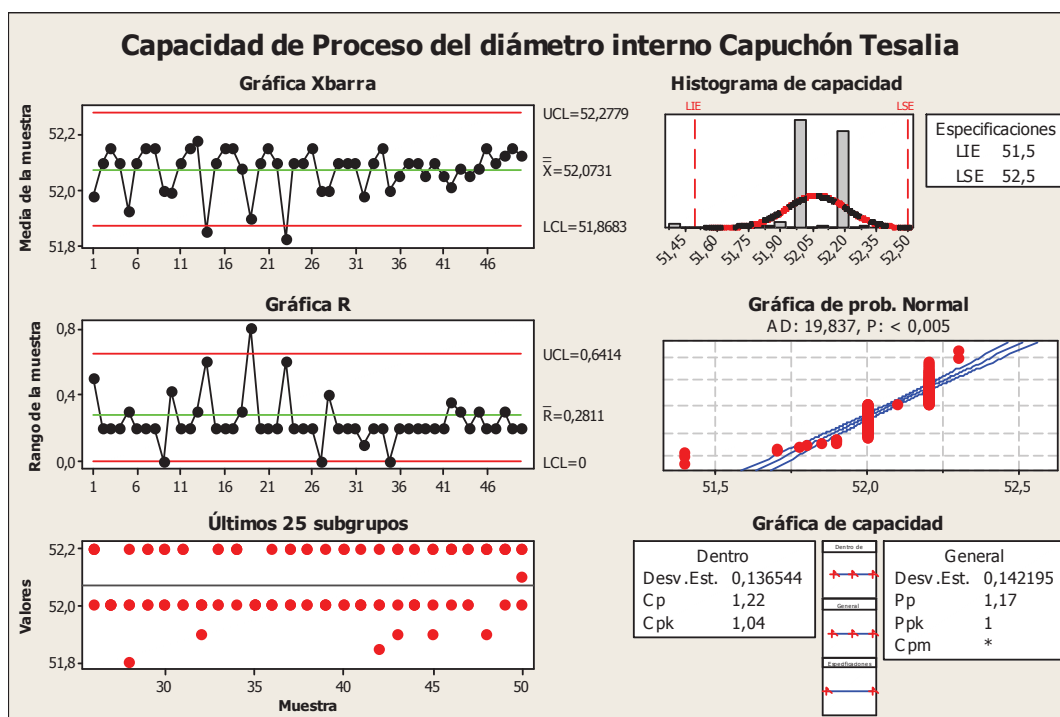
A continuación basándonos en lo obtenido en la fase definir, se va a trabajar sobre las características técnicas más importantes de cada producto. Así, para

el Capuchón Tesalia la característica más importante obtenida fue el diámetro interno; y para el Galón Marcseal el peso: para realizar el análisis de capacidad del proceso.

4.3.4.1 Capacidad del Proceso Capuchón Tesalia

En este caso se ve que el valor establecido para la variable diámetro interno es de 52mm con una tolerancia de 0,5mm. Así la tolerancia sería $52 \pm 0,5\text{mm}$. El análisis de capacidad del proceso se hizo sacando la media del diámetro interno por cada muestra de 4 capuchones medidos aleatoriamente en variados tiempos, teniendo un total de 800 mediciones (Ver ANEXO 3).

Gráfico 4.23: Capacidad de proceso del diámetro interno Capuchón Tesalia

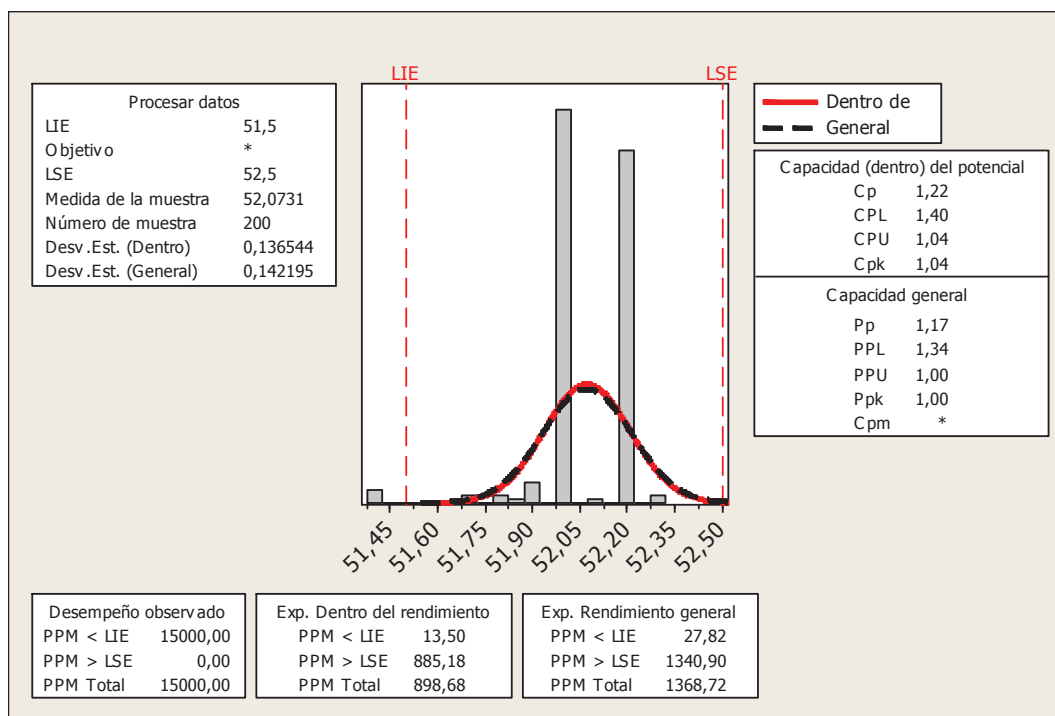


Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el gráfico 4.17 se puede ver que el Cpk para el diámetro interno del Capuchón Tesalia tiene un valor de 1,04 lo que está debajo del valor necesario para ser un proceso six sigma. Debido a esto es necesario realizar un análisis para determinar cuáles son las causas de este valor.

En el gráfico 4.18 se puede analizar los defectos por millón de esta variable.

Gráfico 4.24: Índice de Capacidad del Proceso de Capuchón Tesalia



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

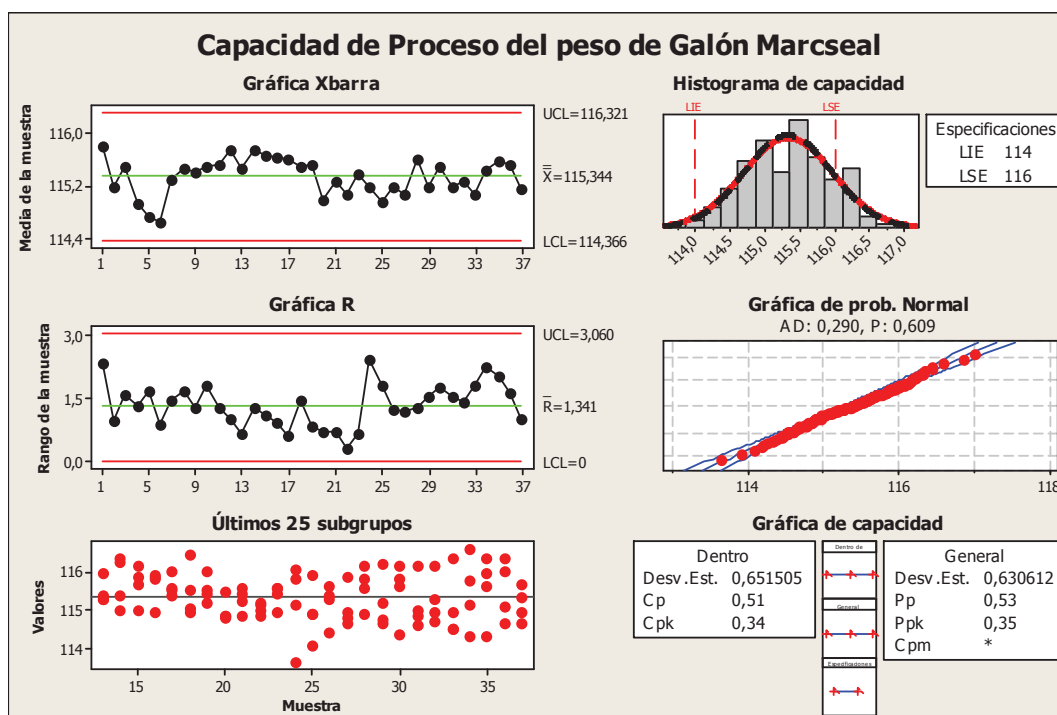
En el análisis de Capacidad del proceso para el diámetro interno en el Capuchón Tesalia, se encuentra que por cada millón de productos terminados se tendrá un total de 1368 unidades con defectos. Esto nos dice que el proceso de Inyección necesita ser mejorado y se deben encontrar las causas raíz que producen esta variación.

4.3.4.2 Capacidad del Proceso Galón Marcseal

Conociendo que la variable a analizar es el peso, se tiene una tolerancia establecida de 115 ± 1 mm. La medición se realizó de una muestra aleatoria de 4 galones por cada funda de 50 galones. Así se obtuvieron 792 datos en total.

Para realizar el análisis de capacidad del proceso se sacó la media de los 4 galones medidos por funda. (Ver ANEXO 4).

Gráfico 4.25: Capacidad de proceso del peso de Galón Marcseal

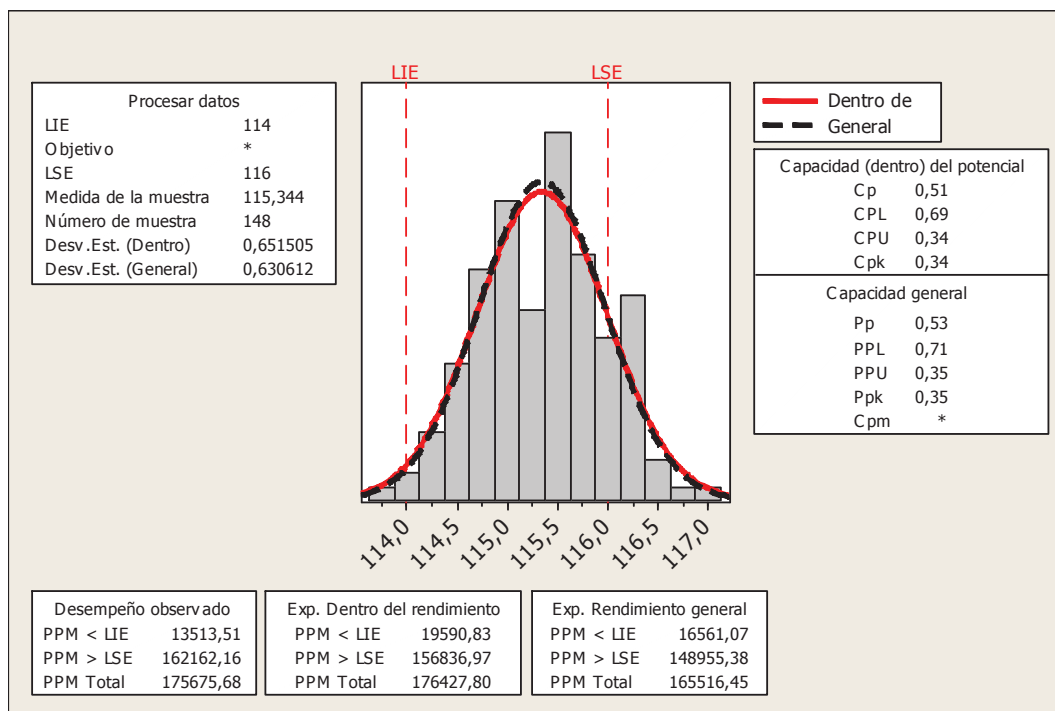


Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el gráfico 4.19 se observa que la variable peso, en el Galón Marcseal, tiene una distribución normal. El valor de Cpk resultante es de 0,34, lo que está muy por debajo de lo especificado para ser un proceso 6σ , ya que se requeriría que sea 2, y aun debajo del valor necesario para ser un proceso controlado que es 1,5. Así se puede apreciar que hay necesidad de mejorar este proceso de Soplado.

A continuación se puede apreciar el gráfico de capacidad de proceso en donde se puede analizar los defectos por millón de la variable en cuestión. Aquí se encuentra que por cada millón de productos terminados se podrán tener 165516 productos defectuosos. Esto no es bueno para la calidad del Galón Marcseal, por esto es importante realizar un análisis de las fuentes de variación en el proceso.

Gráfico 4.26: Índice de Capacidad del Proceso Galón Marcseal



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Una vez definidos los índices de la capacidad del proceso para cada producto y encontrando que están por debajo de los límites de control Seis Sigma, se procede a la fase análisis en donde se buscaran las causas raíz y las fuentes de variación de ambos procesos de Inyección y Soplado.

4.4 FASE ANALIZAR

En esta fase el objetivo es encontrar las causas primarias del problema esto se hace a través de varias herramientas. En este proyecto se inició con el Diagrama de Espina de Pescado y el de árbol de causas para lograr este objetivo. A continuación se realizó un análisis Multi-Vari para encontrar las causas que afectan directamente a la variabilidad del diámetro interno en el Capuchón Tesalia y del peso en el Galón Marcseal.

4.4.1 Diagrama de Espina de Pescado

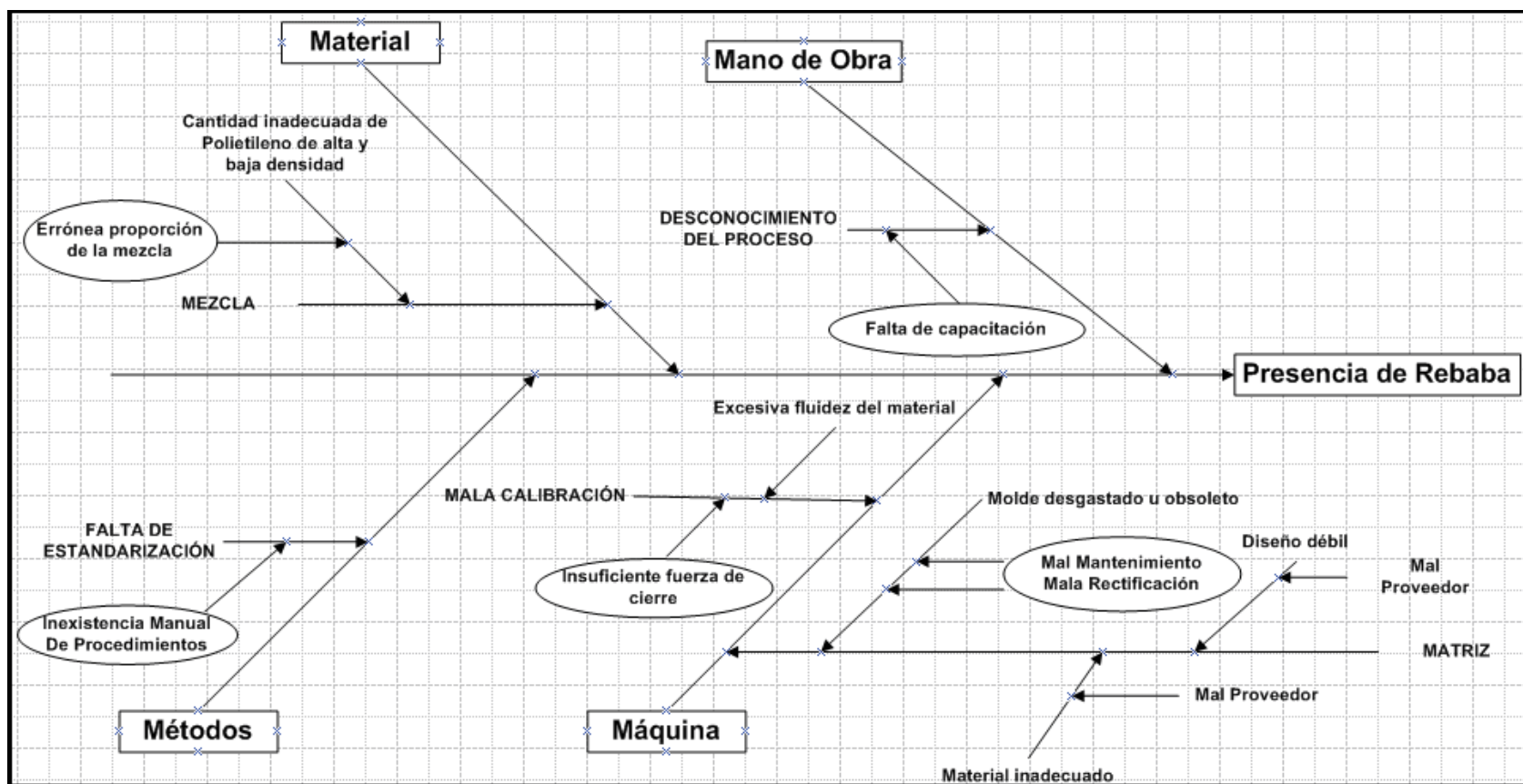
Conocido también como Diagrama de Causa y efecto. Este diagrama ayuda a determinar las causas primarias, mediante un análisis de varias características que afectan directamente al problema. Además es de gran utilidad debido al aporte visual que ofrece, ya que permite ver, gráficamente, la relación entre el problema y sus posibles causas.

Para realizar este diagrama se debe primero escribir el problema clara y concisamente. Después se escoge las principales categorías de causas que pueden basarse en las 6M que son: máquina, mano de obra, método, materiales, mediciones y medioambiente.

En base a estas categorías se va definiendo las causas potenciales, esto se realiza mediante una lluvia de ideas que respondan a preguntas como: ¿Qué puede causar esto?, ¿Por qué sucede esto?, esto se realiza hasta observar que el diagrama este completo, profundizando solamente lo necesario. Finalmente se selecciona las causas que se crean más probables.

A continuación podemos observar los diagramas realizados para resolver el problema de los defectos de mayor ocurrencia en el Capuchón Tesalia y el galón Marcseal. Como se determinó en la fase anterior el defecto de mayor ocurrencia en ambos productos es la presencia de rebaba (ver gráficos 4.15 y 4.16).

Gráfico 4.27: Diagrama de espina de pescado para la presencia de rebaba en el Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Como se observa en el gráfico 4.21 para realizar la espina de pescado para el Capuchón Tesalia en el problema presencia de rebaba, solo fue necesario utilizar 4M ya que las otras dos no influían en este problema.

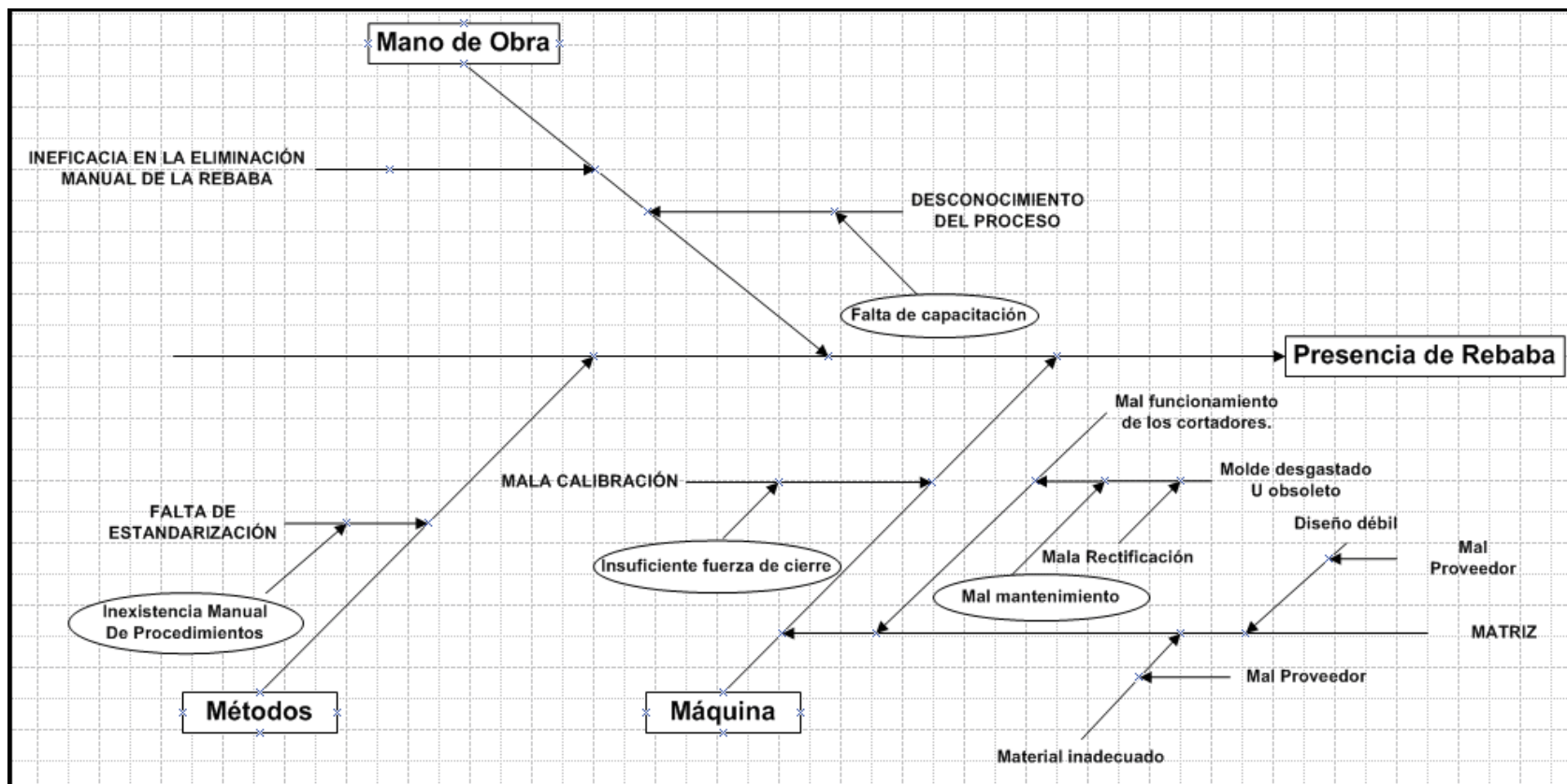
Para realizar este diagrama fue necesaria la experiencia del jefe de producción, así como, de trabajadores del proceso directamente. De esta manera se determinaron las causas que se observan en el gráfico.

Las causas más específicas que se encontraron para la presencia de rebaba en el Capuchón Tesalia y en donde se aplicarán mejoras al proceso de Inyección son: Errónea preparación de la mezcla en la materia prima, la falta de capacitación del personal, inexistencia de manual de procedimientos, insuficiencia de cierre del molde, entre otras.

El mismo procedimiento se aplicó para el Galón Marcseal como se aprecia en el gráfico 4.22, y al ser el mismo problema el de la presencia de rebaba, se obtuvo un diagrama muy parecido. La diferencia más fuerte es que en el Galón no influye la materia prima ya que no se usa ninguna mezcla ni pigmento. Es debido a esto que solamente influyen la mano de obra, los métodos que se utilizan y la maquinaria para el proceso de Soplado.

En el producto Galón Marcseal se encontró que las causas más específicas para la presencia de rebaba es la falta de capacitación del personal, la inexistencia de manual de procedimientos y la insuficiente fuerza de cierre y mala rectificación del molde. En estas causas se enfocará la mejora del proceso de Soplado para el Galón Marcseal.

Gráfico 4.28: Diagrama de espina de pescado para la presencia de rebaba en el Galón Marcseal



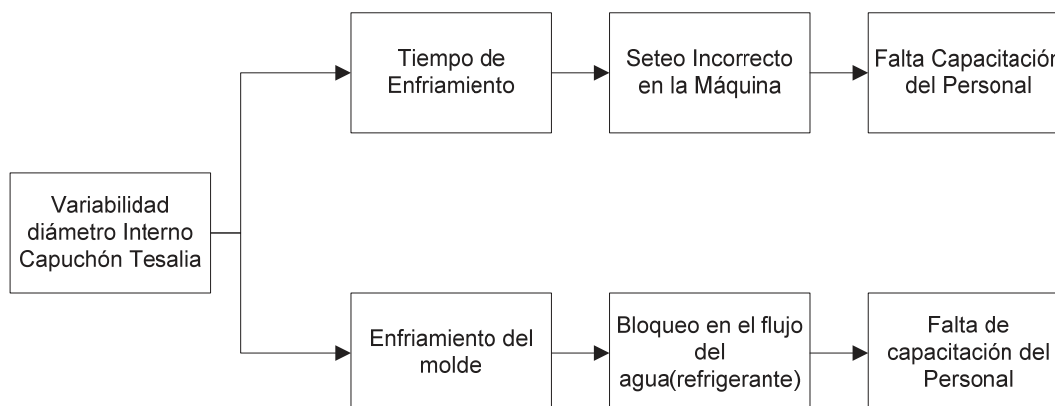
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.4.2 Diagrama de Árbol de Causas

El diagrama de árbol es también una herramienta usada para descubrir las causas de los problemas. Se realiza empezando desde la causa principal y se va profundizando para encontrar las sub causas y finalmente las causas específicas donde se va a enfocar la mejora.

A continuación se observa el diagrama de árbol para determinar las causas de la variabilidad del diámetro interno en el Capuchón Tesalia.

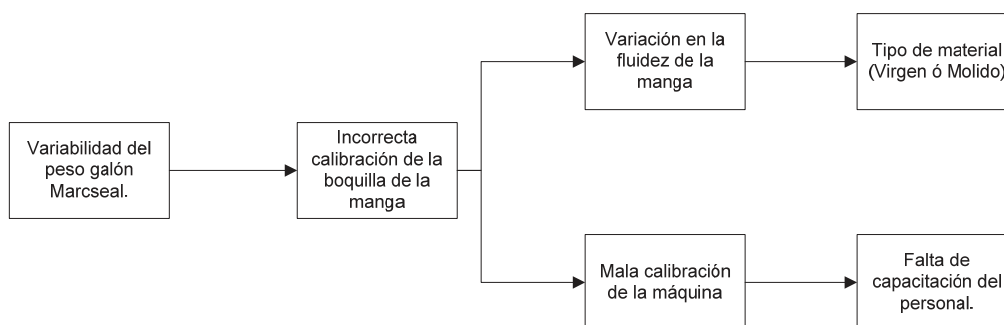
Gráfico 4.29: Diagrama de árbol para la variabilidad del diámetro interno en el Capuchón Tesalia



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Del gráfico 4.23 se puede determinar que tanto el tiempo como la correcta temperatura de enfriamiento influyen a la variabilidad del diámetro interno del Capuchón Tesalia. Por lo tanto el enfoque de mejora se realizará en estos parámetros y en la influencia directa del personal para que exista la variación. Finalmente en el gráfico 4.30 encontramos las causas de la variabilidad del peso en el galón Marcseal.

Gráfico 4.30: Diagrama de árbol para la variabilidad del peso en el Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el gráfico 4.24 encontramos las causas de la variabilidad del peso del galón Marcseal. Principalmente el enfoque de mejora se realizará en la manga o parison de la máquina de Soplado, así como de los parámetros que influyen directamente como la mano de obra y el tipo de material.

4.4.3 Análisis Multi-Vari

Es una técnica de experimentación diseñada para analizar los factores de mayor variabilidad en procesos de producción. Es decir los factores que más se alejen de la media de cierta variable respuesta. Una vez identificadas las fuentes de variación, el análisis Multi-Vari está diseñado y enfocado a identificar la variable independiente de mayor influencia dentro de las familias de variación. Las familias de variación pueden ser de lote a lote, dentro del lote, de turno a turno, entre turnos, dentro del turno, de máquina a máquina, dentro de la máquina, de operador a operador, dentro del operador, entre operadores, etc.

Anteriormente se definió las variables que tienen mayor variación en el análisis de las CTY de los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. Estas son el diámetro interno y el peso respectivamente. Seguido a esto se realizó el análisis de Capacidad de los procesos de Inyección y Soplado para determinar los índices de variación para ambos productos. Finalmente el análisis de

causas de variación nos dirigió hacia las mejoras a realizarse para optimizar la producción y aumentar la calidad de los productos en cuestión.

Dados estos antecedentes el próximo paso a seguir es el análisis de las familias que producen mayor variación en las características técnicas de los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal.

4.4.3.1 Análisis Multi-Vari Capuchón Tesalia

La característica técnica del Capuchón que tiene mayor prioridad y criticidad para el análisis es el diámetro interno. Este parámetro varía entre pieza y pieza y por la máquina en sí. En el proceso de Inyección para la fabricación del Capuchón Tesalia se encuentra que el diámetro interno del mismo está fuera de especificaciones. El diámetro interno especificado es de $52 \pm 0,5$ mm, por lo que se realizó un análisis Multi-Vari para identificar la fuente de mayor variación.

El diseño consiste en un muestreo aleatorio en un mismo lote, variando los tiempos de inyección y de enfriamiento en la máquina de Inyección, los cuales influyen directamente a la variación del diámetro interno. Luego se toma una muestra con la combinación posible de cada tiempo, resultando 6 observaciones. La empresa trabaja con un tiempo de inyección de 1,8 segundos y 18 segundos de enfriamiento. A continuación encontramos una tabla de ambos tiempos en segundos. El tiempo de inyección se puede variar solamente entre 1,8 y 1,7 segundos debido a que si se realiza más cambios el material no llenaría por completo la cavidad del molde. El tiempo de enfriamiento varía entre 15 y 18 segundos.

Tabla 4.26: Tiempo de Inyección y Enfriamiento en Capuchón Tesalia

#	Tiempo de inyección(seg)	Tiempo de enfriamiento (seg)
1	1,8	18
2	1,7	16
3		15

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la tabla 4.27 se tiene las posibles combinaciones de las mediciones de los diámetros internos del Capuchón Tesalia en frío y en caliente. El Capuchón al momento de salir de la máquina está caliente y la medida es menor a cuando está en frío, debido a que se expande. Las mediciones se encuentran ordenadas en tiempo de inyección y enfriamiento con su respectivo tiempo de ciclo.

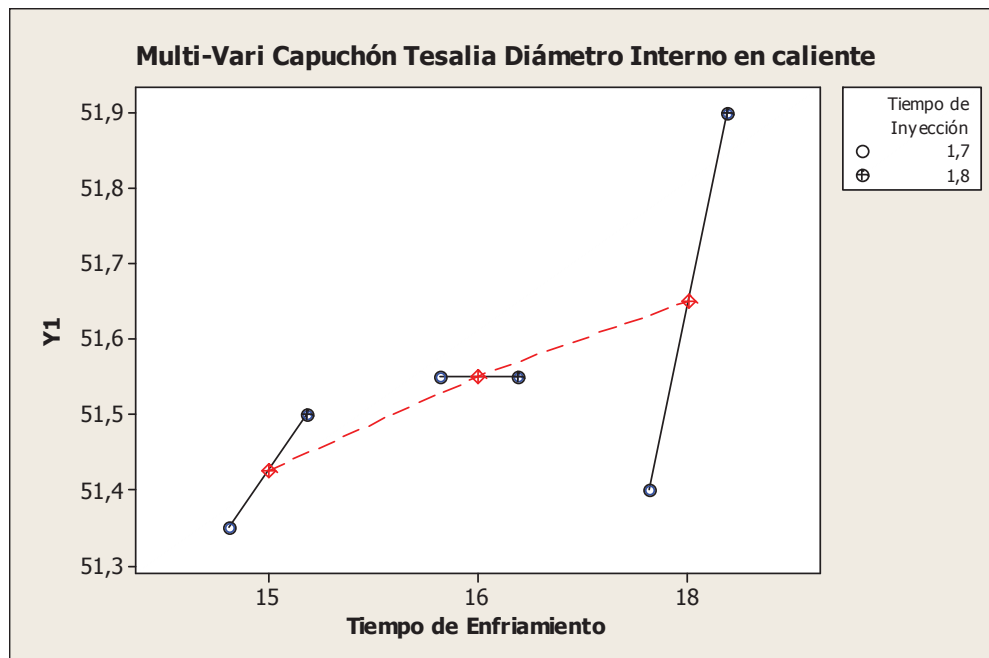
Tabla 4.27: Mediciones diámetro interno Capuchón Tesalia.

#	Tiempo de inyección	Tiempo de enfriamiento	Y= diámetro interno mm en caliente	Y= diámetro interno mm en frío	Tiempo de Ciclo (seg)
1	1	1	51,9	52,45	20,7
2	1	2	51,55	52,1	18,6
3	1	3	51,5	51,7	17,6
4	2	1	51,4	51,8	20,6
5	2	2	51,55	52,2	18,8
6	2	3	51,35	52,05	17,7

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

A continuación mediante el programa estadístico Minitab se observan los siguientes gráficos de resultados. En el gráfico 4.31 se tiene el análisis Multi-Vari del diámetro interno del Capuchón Tesalia en caliente obtenido en el experimento.

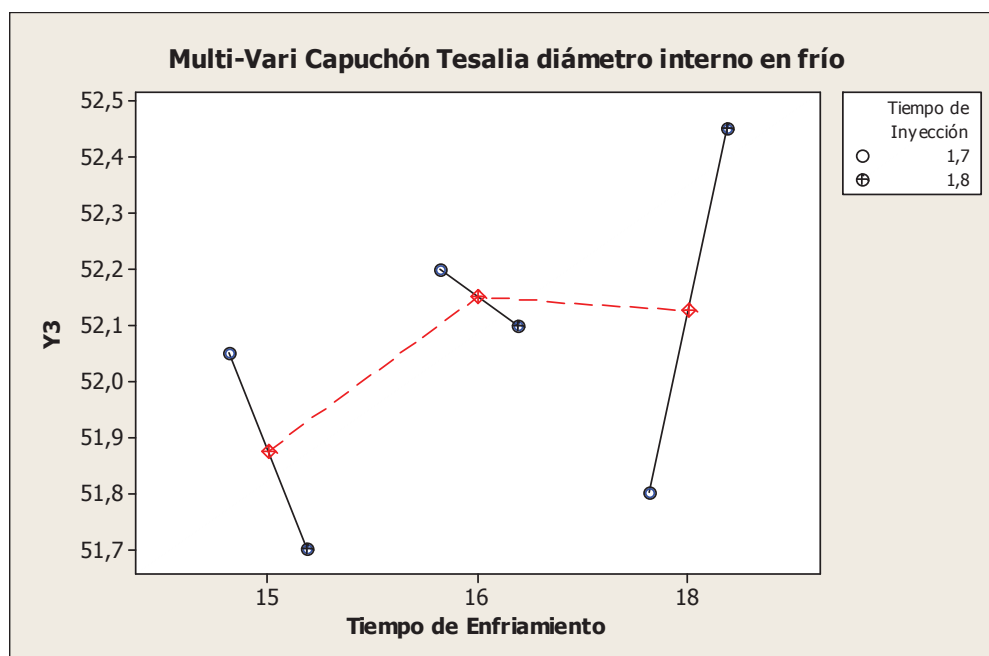
Gráfico 4.31: Multi-vari Capuchón Tesalia diámetro interno en caliente



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la gráfica 4.32 encontramos el análisis Multi-Vari del diámetro interno del Capuchón Tesalia en frío.

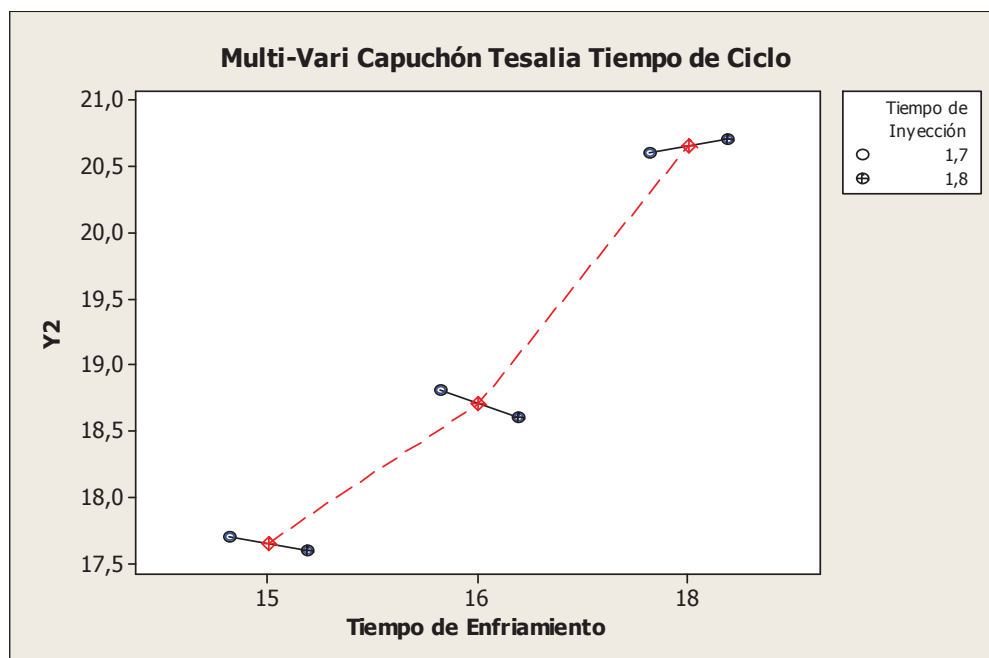
Gráfico 4.32: Multi-vari Capuchón Tesalia diámetro interno en frío



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Finalmente en la gráfica 4.33 se puede ver el análisis Multi-Vari del diámetro del Capuchón Tesalia según el tiempo de ciclo.

Gráfico 4.33: Multi-vari Capuchón Tesalia tiempo de ciclo



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Luego de obtener las tres gráficas mediante el análisis Multi-Vari del diámetro interno del Capuchón Tesalia, se procede a hacer una interpretación gráfica de los resultados. Por consiguiente se tiene que el diámetro interno tanto en caliente como en frío se acerca más a la media con un tiempo de enfriamiento de 16 segundos. El tiempo de inyección según la gráfica 4.27 por el tiempo de ciclo se lo puede utilizar en 1,7 segundos, debido a que existe menor variabilidad en las mediciones. En conclusión se puede bajar los tiempos con los que la empresa trabaja sin afectar al producto. Los resultados visualizados en las gráficas permitirán reducir el tiempo de ciclo por producto a alrededor de 19 segundos cada 4 productos, por ende el aumento en la producción del producto Capuchón Tesalia.

4.4.3.2 Análisis Multi-Vari Galón Marcseal

La característica técnica del Galón Marcseal que tiene mayor prioridad y criticidad para el análisis es el peso. Este parámetro varía por el grosor de la manga o parison que se forma en la máquina de soplado. Ya que se necesitan instrumentos de precisión inaccesibles para realizar el estudio de medición de esta variable se realizó un análisis Multi-Vari entre turnos y operarios, siendo estas otras fuentes de variación del peso del Galón Marcseal entre piezas. En el Soplado para la realización del Galón Marcseal se encuentra que el peso está fuera de especificaciones, teniendo una tolerancia de 115 ± 1 mm.

El diseño Multi-Vari consiste en un muestreo aleatorio en cada turno, en 2 lotes, encontrando el valor del peso en cada producto. A continuación se toma una muestra con la combinación posible de cada turno, lote y operario, dando 8 observaciones en total. A continuación se encuentra una tabla de los parámetros a utilizarse. Los turnos analizados son de día y de tarde, y en los operarios existe el de mayor experiencia y el de menor experiencia.

Tabla 4.28: Parámetros para variación del peso del Galón Marcseal.

#	Turno	Lote	Operario
1	Día	1	Mayor Experiencia
2	Tarde	2	Menor Experiencia

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la siguiente tabla 4.29 se encuentra las posibles combinaciones del peso del Galón Marcseal cuando sale recientemente de la máquina en caliente y en frío. El peso aumenta al expandirse el Galón en estado frío. Las observaciones se encuentran ordenadas según el turno, el lote y el operario.

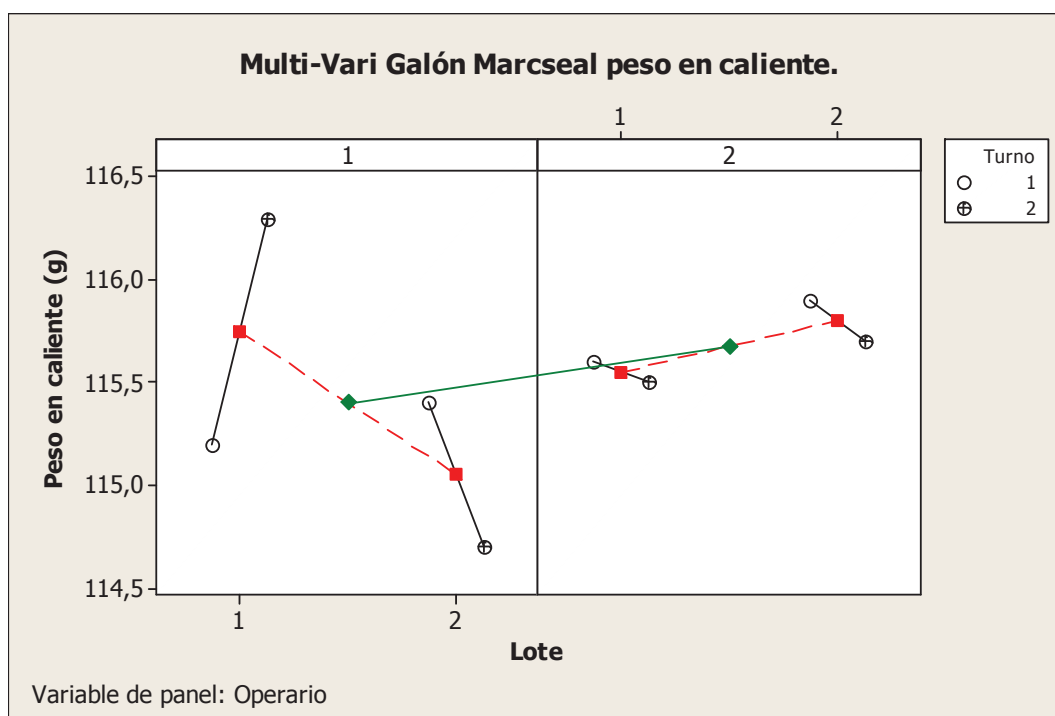
Tabla 4.29: Mediciones del peso del Galón Marcseal.

#	Turno	Lote	Operario	Peso en caliente (g)	Peso en frío (g)
1	1	1	1	115,2	115,4
2	1	1	2	115,6	115,7
3	1	2	1	115,4	115,5
4	1	2	2	115,9	116
5	2	1	1	116,3	116,4
6	2	1	2	115,5	115,6
7	2	2	1	114,7	114,9
8	2	2	2	115,7	115,8

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Mediante el programa estadístico Minitab se encuentran los siguientes gráficos de resultados. En el gráfico 4.34 se encuentra el análisis Multi-Vari del peso del Galón Marcseal en caliente.

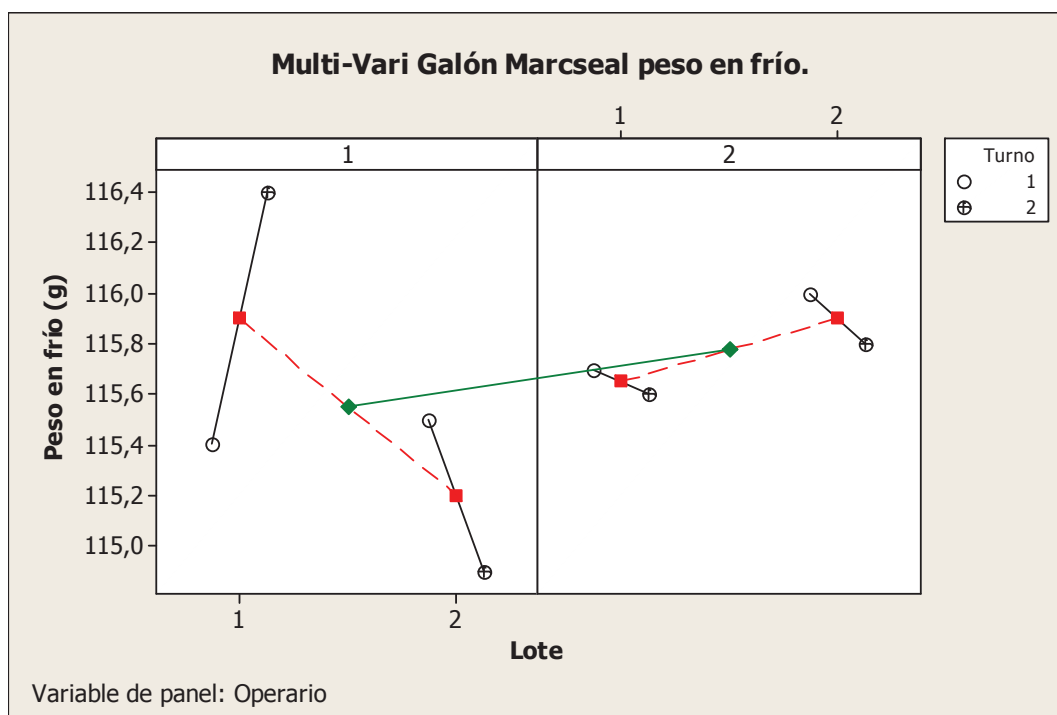
Gráfico 4.34: Multi-vari Galón Marcseal peso en caliente



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Finalmente en la gráfica 4.35 se puede observar el análisis Multi-Vari del peso del Galón Marcseal en frío.

Gráfico 4.35: Multi-vari Galón Marcseal peso en frío



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Luego de obtener las gráficas mediante el análisis Multi-Vari del peso del Galón Marcseal, se procede a hacer una interpretación gráfica de los resultados. El turno que se acerca más a la media del diseño es el primero en la mañana. El lote con menos variación es el segundo. Finalmente el operario que produce galones con menor variabilidad es el de mayor experiencia. Las familias que producen mayor variación en el peso del Galón Marcseal son el turno de la tarde, el primer lote que realiza cada operario, y los operarios de menos experiencia. Con estos resultados es importante encontrar mejoras para los turnos, lotes y operarios que provocan mayor variabilidad en el peso del Galón Marcseal.

En el producto Galón Marcseal en el análisis de las características críticas CTS, se obtuvo que el diámetro externo de la boquilla es casi tan importante como el peso. Mediante el análisis Multi-Vari del diámetro externo se puede encontrar mejoras en los tiempos de producción del Galón Marcseal. El diámetro externo se encuentra fuera de las especificaciones de 42 ± 1 mm.

Por consiguiente se realizó un análisis Multi-Vari para encontrar las fuentes de mayor variación del diámetro externo de la boquilla del Galón Marcseal.

El diseño consiste en variar en la máquina de Soplado el tiempo de soplado, el tiempo de enfriamiento y la presión de movimiento del carro del molde expresada en bares. La empresa trabaja con 5 segundos cada tiempo y con 270 bares de presión del carro del molde. Los tiempos solamente pueden variar entre 4,6 y 5 segundos, debido a que si se aumenta o disminuye más estos parámetros, el Galón Marcseal no obtendría su forma correcta. En el caso de la presión del carro del molde, si se varía mas entre los valores de 270 y 320 bares, la máquina sufriría fatiga excesiva provocando daños y hasta pérdida total de la misma. En la tabla 4.30 se observa los diferentes tiempos y la presión en que el experimento se basó.

Tabla 4.30: Parámetros variación del diámetro externo del Galón Marcseal.

#	Tiempo de soplado (seg)	Tiempo de enfriamiento (seg)	Presión del molde (bar)
1	5	5	270
2	4,8	4,8	300
3	4,6	4,6	320

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la tabla 4.31 se tiene las posibles combinaciones de las mediciones de los diámetros externos del Galón Marcseal en frío y en caliente, obteniendo 27 observaciones. El valor del diámetro interno aumenta al expandirse el Galón Marcseal en estado frío.

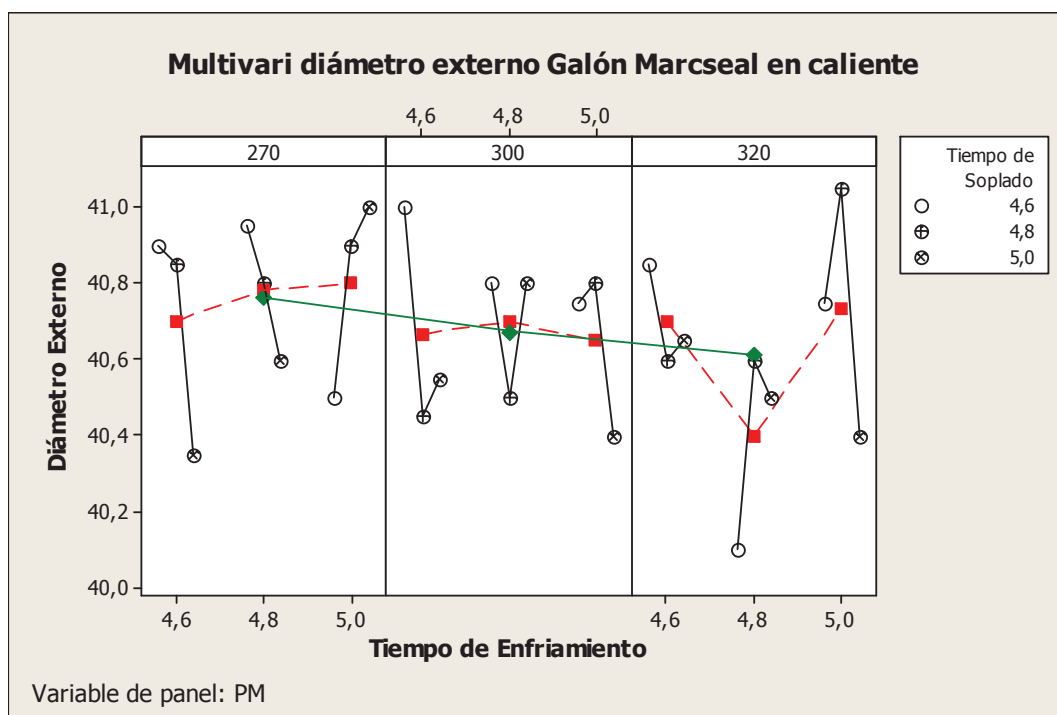
Tabla 4.31: Mediciones del diámetro externo del Galón Marcseal.

#	Tiempo de soplado (seg)	Tiempo de enfriamiento (seg)	Presión del molde (bar)	Y= diámetro de la rosca en caliente (mm)	Y= diámetro de la rosca en frío (mm)
1	1	1	1	41	41
2	1	1	2	40,4	41,05
3	1	1	3	40,4	40,75
4	1	2	1	40,6	40,9
5	1	2	2	40,8	41
6	1	2	3	40,5	40,9
7	1	3	1	40,35	40,85
8	1	3	2	40,55	41
9	1	3	3	40,65	40,75
10	2	1	1	40,9	40,95
11	2	1	2	40,8	40,9
12	2	1	3	41,05	41,05
13	2	2	1	40,8	41,05
14	2	2	2	40,5	41
15	2	2	3	40,6	41
16	2	3	1	40,85	41,05
17	2	3	2	40,45	40,85
18	2	3	3	40,6	40,75
19	3	1	1	40,5	41,05
20	3	1	2	40,75	41,05
21	3	1	3	40,75	41,05
22	3	2	1	40,95	41
23	3	2	2	40,8	40,95
24	3	2	3	40,1	40,8
25	3	3	1	40,9	40,9
26	3	3	2	41	40,95
27	3	3	3	40,85	41

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la gráfica 4.36 se observa el análisis Multi-Vari del diámetro externo del Galón Marcseal en caliente.

Gráfico 4.36: Multi-vari diámetro externo Galón Marcseal en caliente

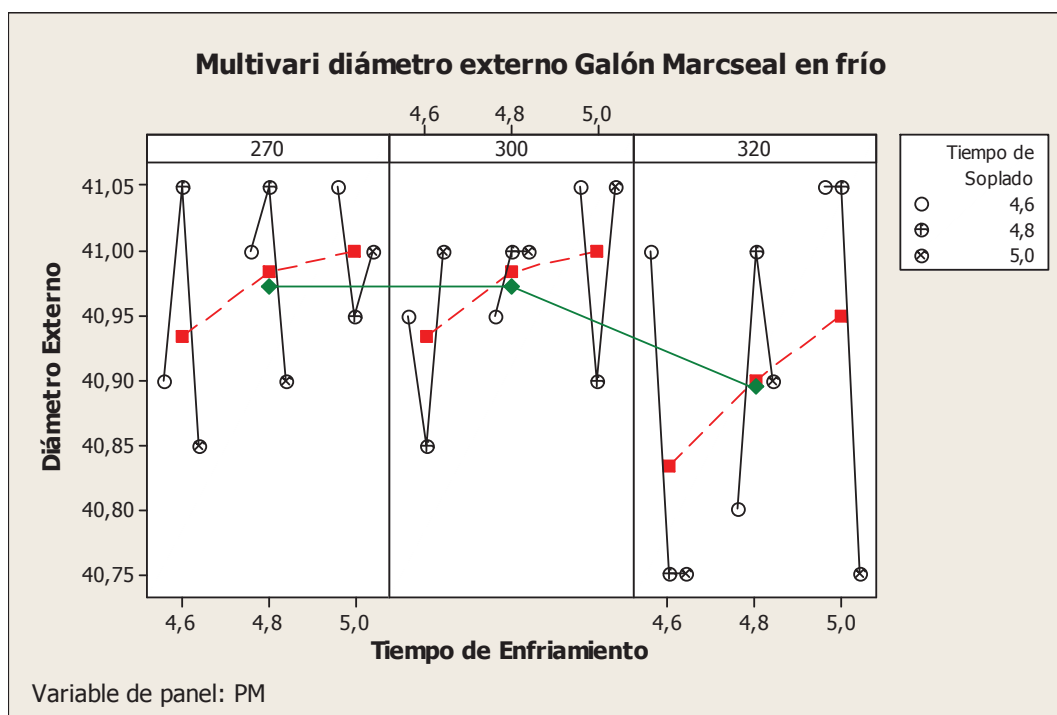


Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la gráfica 4.37 se aprecia el análisis Multi-Vari del diámetro externo del Galón Marcseal en frío.

Por medio del análisis de las gráficas los resultados obtenidos son que se puede trabajar en la máquina de Soplado con una presión de movimiento del carro del molde de 300 bares, esto disminuye el tiempo de ciclo. En cuestión al tiempo de enfriamiento el que menor variabilidad tiene es el de 4,8 segundos. Finalmente, en el tiempo de Soplado es recomendable utilizar 4,8 segundos ya que ambos tiempos son los que menos se alejan de la media. Por consiguiente quedará a consideración de la empresa el variar estos tiempos si es que no alteran a las demás características técnicas del Galón Marcseal y afectan la calidad final del producto terminado, disminuyendo el tiempo de ciclo y aumentando la producción.

Gráfico 4.37: Multi-vari diámetro externo Galón Marcseal en frío



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.4.4 Análisis de Fallas Potenciales

En este análisis se pueden identificar las fallas potenciales que el proceso puede tener al aplicar el proceso de mejora, de esta manera es necesario realizarlo antes de la implementación del mismo.

Es un análisis sistemático que se realiza en base al diagrama SIPOC detallado, el cual debe contener los cambios necesarios para la mejora.

Para realizar este análisis es necesario seguir el siguiente procedimiento:

- Se selecciona las actividades críticas del proceso, que es sobre las cuales se va a trabajar.
- Se identifican los problemas potenciales en la ejecución de cada actividad.

- Se atribuye una calificación de severidad a cada problema.
- Se identifica las potenciales causas del problema.
- Se atribuye un índice de ocurrencia a cada causa.
- Se calcula el índice de riesgo para cada problema.
- Se identifican acciones preventivas.

En la tabla se observa la calificación de severidad y el índice de ocurrencia.

Tabla 4.32: Índice de severidad e índice de ocurrencia.

Índice de severidad (S)		Índice de ocurrencia (O)	
1	sin gravedad	1	Altamente improbable
2	Alguna gravedad	2	Poco probable
3	Grave	3	Probable
4	Muy grave	4	Muy probable
5	Extremadamente grave	5	Ocurrencia prácticamente cierta

Fuente: De Moura, Eduardo. Formación de Especialistas six sigma. 2009.

Para el cálculo del riesgo (R) es necesario usar la siguiente fórmula. $R = S \times O$. Así obtenemos el riesgo de cada problema.

En cuanto a las acciones preventivas, es necesario que estas den como resultado mejoras que no dependan del control. En Moura (2009), diapositiva 390, se encuentra este orden de preferencia:

- “Volver al problema imposible de ocurrir.
- Reducir la severidad del efecto cuando ocurre el problema.
- Reducir el chance de ocurrencia del problema”

Finalmente, si es necesario, se pueden usar métodos de control del problema, pero esto se da una vez que todas las posibilidades de mejora han sido revisadas. En Moura (2009), diapositiva 393, las acciones de control se dan en el siguiente orden de preferencia:

- a. “Prevenir la ocurrencia de la causa
- b. Detectar la presencia de la causa de la falla
- c. Detectar el efecto de la falla”

En la tabla 4.33 se observa el análisis de las fallas potenciales para el Capuchón Tesalia. En este análisis encontramos señaladas las actividades de mayor riesgo para el proceso de inyección y las respectivas acciones preventivas que se toman para evitar su ocurrencia. Posteriormente basándose en estas actividades de mayor riesgo se propondrán acciones de mejora inmediatas.

Tabla 4.33: Análisis Fallas Potenciales Capuchón Tesalia.

#	Actividad	Problema potencial y efecto(S)	S (Severidad)	Causa potencial	O (Ocurrencia)	R (Riesgo)	Acción preventiva
1	Colocación del molde	Aislamiento de los pernos que sujetan el molde.	3	Repetitivos cambios de molde.	2	6	Verificar que la rosca del perno corresponda a la rosca de la placa de la máquina
		Desgaste de las columnas de centramiento.	2		2	4	Verificar un correcto centramiento en las placas del molde
2	Seteo de la máquina de inyección	Llenado incompleto de las cavidades del molde.	2	Baja presión de inyección.	3	6	Verificar presión de inyección en la primera zona
		Cierre excesivo del molde.	4	Presión de cierre muy alta.	4	16	Verificar la presión de cierre del molde
		Presencia de rebaba.	4	Presión de cierre muy baja.	2	8	Verificar presión de cierre del molde
		Incorrecta fluidez del material.	2	Mala calibración de la temperatura.	3	6	Verificar temperatura en las zonas del cilindro
3	Preparación y abastecimiento de la materia prima	Desgaste del tornillo.	4	Presencia de materiales extraños en la materia prima.	1	4	Controlar que no existan materiales extraños en la MP
		Producto no conforme.	4	Mezcla inadecuada de la materia prima	3	12	Verificar que la materia prima sea la adecuada
4	Colocación de liner	Fuga de agua.	5	Liner mal colocado o ausente.	1	5	Capacitar al operador
5	Sopleteado	Fuga de agua.	5	Remoción de liner.	1	5	Capacitar al operador
6	Almacenamiento	Deformación del producto terminado.	3	Excesivo apilamiento.	2	6	Verificar que no sobrepase el límite de apilamiento

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la tabla 4.34 se observa el análisis de fallas potenciales para el proceso de soplado para el Galón Marcseal. Así encontramos las actividades de mayor riesgo en el proceso y las acciones preventivas que se toman para que si llegasen a ocurrir no exista mayor riesgo tanto para el producto y la empresa. En la fase mejorar se partirá de estas actividades de riesgo para el plan de mejora.

Tabla 4.34: Análisis Fallas Potenciales Galón Marcseal.

#	Actividad	Problema potencial y efecto(S)	S (Severidad)	Causa potencial	O (Ocurrencia)		Acción preventiva
					O	R (Riesgo)	
1	Colocación del molde	Aislamiento de los pernos que sujetan el molde.	3	Repetivos cambios de molde.	2	6	Verificar que la rosca del perno corresponda a la rosca de la placa del molde
		Desgaste de las columnas de centramiento.	2		2	4	Verificar correcto centramiento
2	Seteo de la máquina de soplado	Mala calibración de la boquilla.	2	Mal ajuste del operador.	3	6	Capacitar al operador
		Cierre excesivo del molde.	4	Presion de cierre muy alta.	2	8	Verificar la presión de cierre
		Incorrecta fluidez de la manga.	3	Mala calibracion de la temperatura.	4	12	Verificar temperatura en las zonas del cilindro
		Mala definición de los hilos de la rosca en el producto terminado.	5	Baja presión y tiempo de soplado.	1	5	Verficicar presión y tiempo de soplado
3	Preparación y abastecimiento de la materia prima	Desgaste del tornillo y la boquilla.	4	Presencia de materiales extraños en la materia prima.	1	4	Controlar que no existan materiales extraños en la MP
		Producto no conforme.	5		1	5	Verficar el uso de PEAD para soplado
4	Desbarbado	Incorrecta eliminación de la rebaba.	4	Mala práctica del operador.	3	12	Capacitar al operador, trabajar con operadores de
		Producto no conforme.	5	Cuchilla mal afilada.	3	15	Mantener las cuchillas afiladas
5	Control de calidad en el producto	Producto no conforme.	5	Ineficiencia del operador.	3	15	Capacitar al operador
6	Almacenamiento	Golpes, roturas.	5	Caida de las fundas.	2	10	Colocar las fundas siguiendo el esquema de
		Suciedad.	5	Fundas rotas.	1	5	Verificar el calibre de la funda como MP

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Finalmente la fase de analisis ha concluido y se han podido encontrar tanto las actividades como las fuentes que producen mayor variabilidad dentro de los procesos de fabricación de los productos Capuchón Tesalia y Galón Macrseal. En la siguiente fase de la metodología Seis Sigma se podrá proponer acciones de mejora y propuestas que complementen el plan de mejora de este proyecto de tesis.

4.5 FASE MEJORAR

Concluida la fase de análisis en el proyecto de tesis ya se tiene más claro cuáles son las fuentes de variación en los procesos de Soplado e Inyección.

En la fase mejorar de la metodología Seis Sigma se busca encontrar soluciones a los problemas y a las causas de errores y defectos que anteriormente se detectaron. Así también las propuestas de mejora más viables como hojas de verificación y un rediseño en la planta, para que la empresa no incurra en mayor costo y sea un beneficio para la misma.

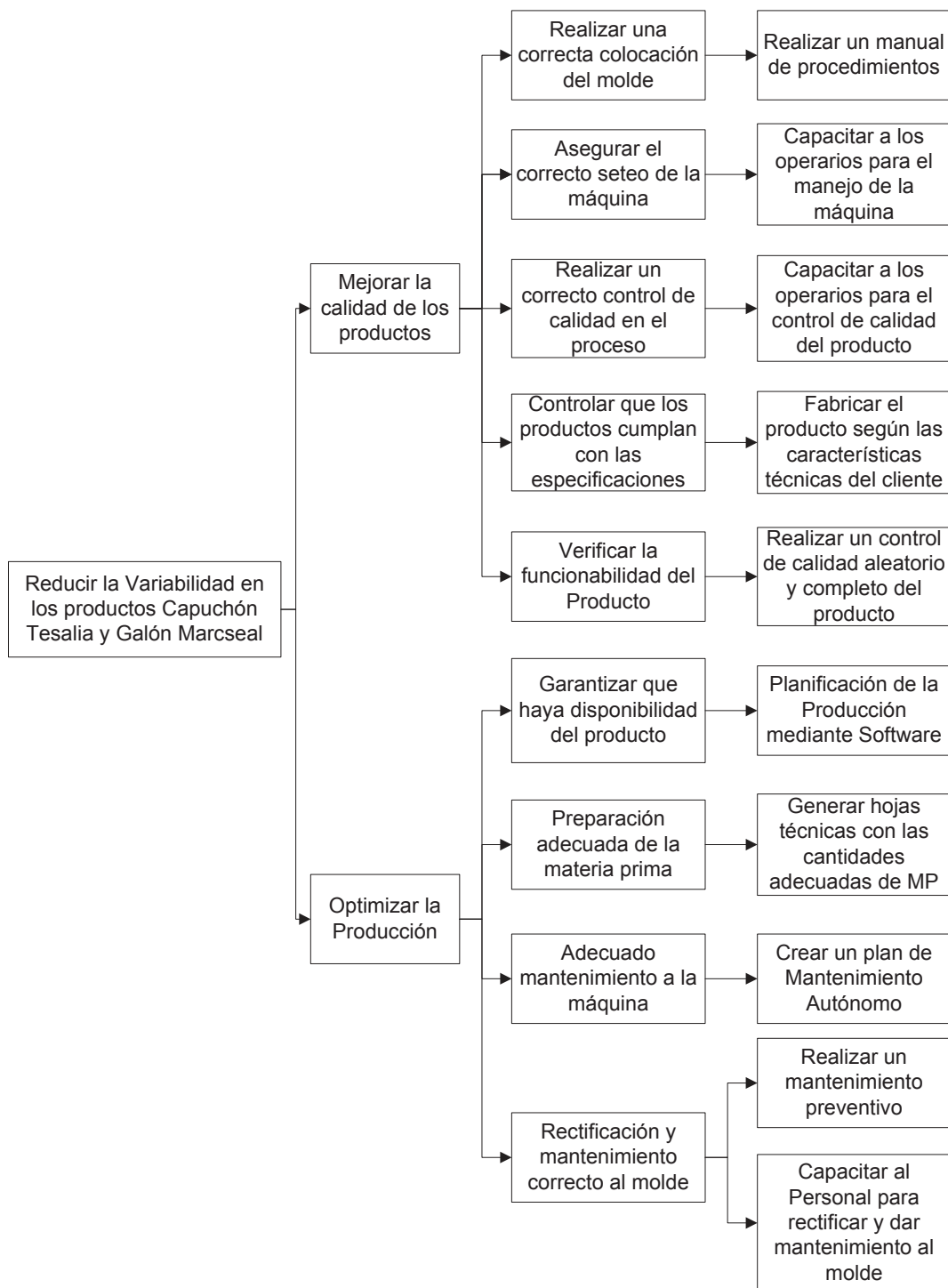
4.5.1 Definición de Objetivos y Medios

A continuación se detalla el objetivo de mejora que se planteó mediante un diagrama de árbol. Esta herramienta de la fase de mejora sirve para saber cuáles son los medios, actividades o tareas importantes que se deben seguir para alcanzar los objetivos de mejora. El diagrama de árbol de objetivos se realiza de la siguiente manera:

- a. Establecer el objetivo primario
- b. Generar objetivos secundarios
- c. Generar los medios y las tareas

En los procesos de Inyección y Soplado para la producción de Capuchón Tesalia y Galón Marcseal respectivamente, se planteó como objetivo primario el de reducir la variabilidad de los mismos. En el gráfico 4.38 se puede observar el diagrama de árbol de objetivos.

Gráfico 4.38: Diagrama de árbol de objetivos



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.5.2 Plan de Mejora

El diagrama de árbol de objetivos de mejora planteó los medios y las actividades a realizar para eliminar los problemas encontrados en las fases anteriores de la metodología. Anteriormente en el análisis de fallas potenciales se encontró las actividades a lo largo del proceso de mayor riesgo, a continuación se realizó un plan de acciones de mejora a estas actividades. En la tabla 4.35 se puede observar las acciones de mejora propuestas para el Capuchón Tesalia y el responsable de realizarla.

Tabla 4.35: Acciones de mejora para fallas Potenciales en Capuchón Tesalia.

#	Actividad	Problema potencial	Causa potencial	Acción preventiva	Acción de Mejora	Responsable
1	Colocación del molde	Aislamiento de los pernos que sujetan el molde.	Repetitivos cambios de molde	Verificar que la rosca del perno corresponda a la rosca de la placa de la máquina	Realizar una hoja de procedimiento para el correcto cambio de molde.	Jefe de producción.
		Desgaste de las columnas de centramiento.		Verificar un correcto centramiento en las placas del molde		
2	Seteo de la máquina de inyección	Llenado incompleto de las cavidades del molde.	Baja presión de inyección.	Verificar presión de inyección en la primera zona	Colocar una hoja con los correctos valores de presión, temperatura y tiempo a la vista de los operarios en el momento del seteo	Dueño del proceso
		Cierre excesivo del molde.	Presión de cierre muy alta.	Verificar la presión de cierre del molde		
		Presencia de rebaba.	Presión de cierre muy baja.	Verificar presión de cierre del molde		
		Incorrecta fluidez del material.	Mala calibración de la temperatura.	Verificar temperatura en las zonas del cilindro		
3	Preparación y abastecimiento de la materia prima	Desgaste del tornillo.	Presencia de materiales extraños en la materia prima.	Controlar que no existan materiales extraños en	Automatizar la actividad	Gerente de producción.
		Producto no conforme.	Mezcla inadecuada de la materia prima	Verificar que la materia prima sea la adecuada		
4	Colocación de liner	Fuga de agua.	Liner mal colocado o ausente.	Capacitar al operador	Automatizar la actividad	Gerente de producción.
5	Sopleteado	Fuga de agua.	Remoción de liner.	Capacitar al operador	Automatizar la actividad	Gerente de producción.
6	Almacenamiento	Deformación del producto terminado.	Excesivo apilamiento.	Verificar que no sobrepase el límite de apilamiento	Colocar una hoja con el límite de apilamiento a la vista de los operarios	Dueño del proceso

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En la tabla 4.36 a continuación se encuentran las acciones de mejora para las fallas potenciales de mayor riesgo en las actividades del proceso del Galón Marcseal.

Tabla 4.36: Acciones de mejora para fallas Potenciales en Galón Marcseal.

#	Actividad	Problema potencial	Causa potencial	Acción preventiva	Acción de Mejora	Responsable
1	Colocación del molde	Aislamiento de los pernos que lo sujetan.	Repetitivos cambios de molde.	Verificar que la rosca del perno correponda a la rosca de la placa.	Realizar una hoja de procedimiento para el correcto cambio del molde.	Jefe de producción.
		Desgaste de las columnas de centramiento.		Verificar correcto centramiento de placas del molde		
2	Seteo de la maquina de soplado	Mala calibración de la boquilla.	Mal ajuste del operador.	Capacitar al operador	Dar una profunda capacitación a todos los operarios.	Jefe de recursos humanos
		Cierre excesivo del molde.	Presion de cierre muy alta.	Verificar la presión de cierre	Colocar una hoja con los correctos valores de presion, temperatura y tiempo a la vista de los operarios.	Dueño del proceso
		Incorrecta fluidez de la manga.	Mala calibracion de la temperatura.	Verificar temperatura en las zonas del cilindro		
		Mala definición de los hilos de la rosca en el PT.	Baja presión y tiempo de soplado.	Verficicar presión y tiempo de soplado		
3	Desbarbado	Incorrecta eliminación de la rebaba.	Mala práctica del operador.	Capacitar al operador, trabajar con operadores de experiencia	Automatizar la actividad	Gerente de producción.
		Producto no conforme.	Cuchilla mal afilada.	Mantener las cuchillas afiladas		
4	Control de calidad en el producto	Producto no conforme.	Ineficiencia del operador.	Capacitar al operador	Realizar una hoja de procedimiento	Jefe de producción.
5	Almacenamiento	Golpes, roturas.	Caida de las fundas.	Colocar las fundas siguiendo el esquema de almacenamiento	Colocar una hoja con el esquema de almacenamiento a la vista.	Dueño del proceso
		Suciedad.	Fundas rotas.	Verificar el calibre de la funda como MP	Capacitar un operario para la verificación de la funda	Jefe de producción.

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Una vez realizadas las acciones de mejora inmediatas a las actividades de mayor riesgo de falla, se procedió a desarrollar un plan de mejora tomando en cuenta que el proceso se analizó desde la preparación de la materia prima hasta el producto terminado en bodega. Es decisión de la planta de conformado de plástico la implementación de las propuestas a continuación:

- Es necesario realizar manuales de procedimientos, hojas técnicas y listas de verificación para evitar la variación de las características técnicas de cada producto entre cada turno, operario y en cada lote como:
 - Hoja técnica para la correcta preparación de la materia prima, sea con material virgen o molido, y la proporción adecuada.
 - Manual de Procedimientos para el manejo y colocación de los moldes en las máquinas.
 - Hojas de verificación para el correcto cambio de moldes.
 - Manual de Procedimientos para el manejo del producto terminado, en el caso del Capuchón Tesalia para la colocación del liner y en el Galón Marcseal para el desbarbado.
 - Manual de Procedimientos para el empaquetado, transporte a la bodega y almacenamiento.
- Realizar capacitaciones programadas a todo el personal de planta para:
 - Capacitación para el manejo de los moldes y rectificación de los mismos.
 - Capacitación para la calibración, seteo y manejo de las máquinas de Inyección y Soplado.

- Capacitación para el correcto control de calidad de los productos terminados. Incluyendo el manejo de los instrumentos de medición, como el pie de rey y balanza.
- Elaborar un Plan de Mantenimiento Total para los moldes y las máquinas de Inyección y Soplado, que abarque Mantenimiento Autónomo, preventivo, predictivo y correctivo.
- Cambiar los tiempos de trabajo de las máquinas a los que en el diseño experimental Multi-Vari se obtuvieron, con esto se lograría disminuir los tiempos de ciclo sin afectar al producto y aumentar la producción. En el caso del proceso de Inyección reducir el tiempo de enfriamiento y de inyección a 1,7 y 16 segundos respectivamente. En el caso del Galón Marcseal reducir los tiempos de Soplado y de enfriamiento a 4,8 segundos cada uno.
- En el Capuchón Tesalia es importante tomar en cuenta la preparación de la materia prima ya que se utiliza dos tipos de polietileno y el pigmento. Para evitar errores en la proporción adecuada, sería importante la automatización de esta actividad. Por consiguiente esto mejoraría el aspecto físico del Capuchón ya que se reduciría drásticamente los problemas en el Aspecto físico que genera la inadecuada pigmentación del producto.
- Implementar un sistema de auto abastecimiento de la materia prima a las máquinas, lo cual permite que se automatice el proceso en el momento que la máquina requiera de la materia prima. Por consiguiente el operario no participaría en el abastecimiento en el proceso, disminuyendo los defectos del producto terminado debido a una proporción errónea de material. El sistema consiste en tubos succionadores directamente de los depósitos de la materia prima, incluso reduciendo desperdicios por transporte y despilfarro de la materia prima.

- Implementar un sistema de tarjetas o tablero Kanban para el manejo de las materias primas y los productos en el interior de la empresa, para controlar la cantidad y los tiempos necesarios en cada proceso, y así asegurar la reposición de cada material o cada producto.
- Implementar dispositivos Poka Yoke⁸ para evitar errores especialmente en el puesto de trabajo de cada operario. El momento que la bandeja sobrepase un límite de peso permitido o de nivel de producto terminado, la máquina producirá un sonido por medio de un sensor que mide el peso o el nivel, ubicado en la bandeja de cada máquina.

Finalmente en la tabla 4.37 se observa el resumen del plan de mejora con el área involucrada y el responsable de realizar estas acciones de mejora.

⁸ Dispositivo destinado a evitar errores, llamado a prueba de tontos.

Tabla 4.37: Resumen Plan de mejora.

#	Acción de mejora	Responsable de acción	Área de mejora	Recursos e información
1	Realizar una hoja técnica para la preparación de la materia prima.	Jefe de producción y Calidad	Planta de Producción	Especificaciones técnicas de la mezcla de la materia prima.
2	Manual de procedimientos en la colocación de moldes.	Gerente de producción	Área de moldes y mecánica	Análisis de tiempos y movimientos del operario que realiza el cambio.
3	Hoja de verificación de cambio de moldes.	Jefe de producción y Calidad	Área de moldes y mecánica	Tareas de cambio de molde estandarizadas.
4	Manual de procedimientos para el manejo del producto terminado.	Gerente de producción	Área de bodega	Tareas de colocación de liner en Capuchón Tesalia y desbarbado en Galón Marcseal estandarizadas.
5	Manual de procedimientos para empaquetado y almacenamiento.	Gerente de producción	Área de bodega	Especificaciones técnicas del empaque
6	Capacitación manejo de moldes.	Gerente General	Área de moldes y mecánica	Especificaciones técnicas del molde
7	Capacitación para calibración, seteo y manejo de máquinas.	Gerente General	Planta de Producción	Personal conocedor en el manejo de las máquinas
8	Capacitación control de calidad en los productos terminados.	Gerente General	Planta de Producción	Especificaciones técnicas del producto según el requerimiento del cliente
9	Capacitación manejo de instrumentos de medición.	Gerente General	Planta de Producción	Personal conocedor en el manejo de los instrumentos de medición
10	Elaborar un plan de mantenimiento total a las máquinas de Soplado e Inyección.	Gerente de producción	Área de mantenimiento	Personal experto en mantenimiento industrial
11	Cambiar los tiempos de trabajo en las máquinas.	Jefe de producción y Calidad	Planta de Producción	Especificaciones de trabajo de las máquinas
12	Automatizar la preparación de la mezcla del Capuchón Tesalia.	Gerente de producción	Planta de Producción	Especificaciones técnicas de la mezcla de la materia prima.
13	Sistema de autoabastecimiento de la materia prima a las máquinas.	Gerente General	Área de bodega y Planta de producción	Conocimiento de la cantidad exacta de la materia prima en cada máquina
14	Implementar sistema de tablero Kanban.	Jefe de producción y Calidad	Área de bodega y Planta de producción	Conocimiento en herramienta Kanban
15	Implementar dispositivos Poka Yoke.	Jefe de producción y Calidad	Área de bodega y Planta de producción	Personal capacitado en dispositivos Poka Yoke

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.5.2.1 Propuesta de Hoja de Verificación para el Cambio de Molde

En el momento de la implementación de las mejoras por parte de la empresa, se propone utilizar esta hoja de verificación (Check List), para el cambio de molde de los dos productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal. A continuación se las puede observar en las tablas 4.38 y 4.39.

Tabla 4.38: Hoja de verificación cambio de molde Capuchón Tesalia.

CHECK LIST PARA CAMBIOS DE MOLDE INYECCIÓN		
MOLDE: Capuchón Tesalia		
No.	Item	OK
1	Cuerpo del molde	
1	Placa del molde Tesalia	
1	Boquilla	
4	Tomas de agua	
HERRAMIENTAS		
No.	Item	OK
1	Juego de Llaves Allen	
1	Llave 22 / 24	
1	Destornillador plano / estrella	
MÁQUINA		
	Item	OK
	Tornillo de extrusión en rechupe	
	Válvulas de agua y aire cerradas	
	Molde bien cerrado	
	Tecla bien colocado	
	Molde entrante bien centrado	
	Molde entrante bien ajustado	
	Válvulas de agua y aire abiertas	
	Apertura y cierre del molde adecuado	
	Temperaturas adecuadas(260°C)	
	Presión de inyección adecuadas (700 bar)	
	Ciclo de producción adecuado (19 seg)	
Realizado por:		
Fecha:		

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Tabla 4.39: Hoja de verificación cambio de molde Galón Marcseal.

CHECK LIST PARA CAMBIOS DE MOLDE SOPLADO		
MOLDE: Galón Marcseal		
No.	Item	OK
2	Caras del Molde	
4	Tomas de Agua	
1	Boquilla	
1	Núcleo	
1	Pin Soplador	
HERRAMIENTAS		
No.	Item	OK
1	Juego de Llaves Allen	
1	Llave para boquilla	
1	Destornillador plano / estrella	
MÁQUINA		
	Item	OK
	Motor de extrusión apagado	
	Motor Hidráulico apagado	
	Válvulas de agua cerradas	
	Válvulas de aire cerradas	
	Boquilla y Núcleo bien colocados	
	Boquilla y Núcleo salientes limpios	
	Molde bien colocado y ajustado	
	Válvulas de agua y aire abiertas	
	Motor hidráulico funcionando	
	Pin soplador bien calibrado	
	Motor de extrusión funcionando	
	Boquilla y manga bien calibrados	
Realizado por:		
Fecha:		

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.5.2.2 Propuesta de Diseño de Planta

El diseño de planta actual ofrece pocas facilidades de transporte interno del producto terminado, teniendo el mismo camino para la entrada y salida del producto terminado. La materia prima está lejos de la planta y por esto se recae en un gran desperdicio de tiempo y transporte. El almacenamiento de la materia prima esta ubicado junto a la maquinaria, el ingreso de la misma sera por el lado izquierdo y ya no por la parte frontal de la organización. Es importante la implementacion del rediseño de planta propuesto. A continuacion

en el gráfico 4.39 se puede observar la ilustración del diseño de planta propuesto. (Ver ANEXO 5).

Gráfico 4.39: Propuesta del diseño de planta



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.6 FASE CONTROLAR

Realizadas las mejoras es necesario tener un control de las mismas, esta es la última etapa de la metodología seis sigma. El control tiene como objetivo asegurar que las modificaciones efectuadas en el proceso a través de la

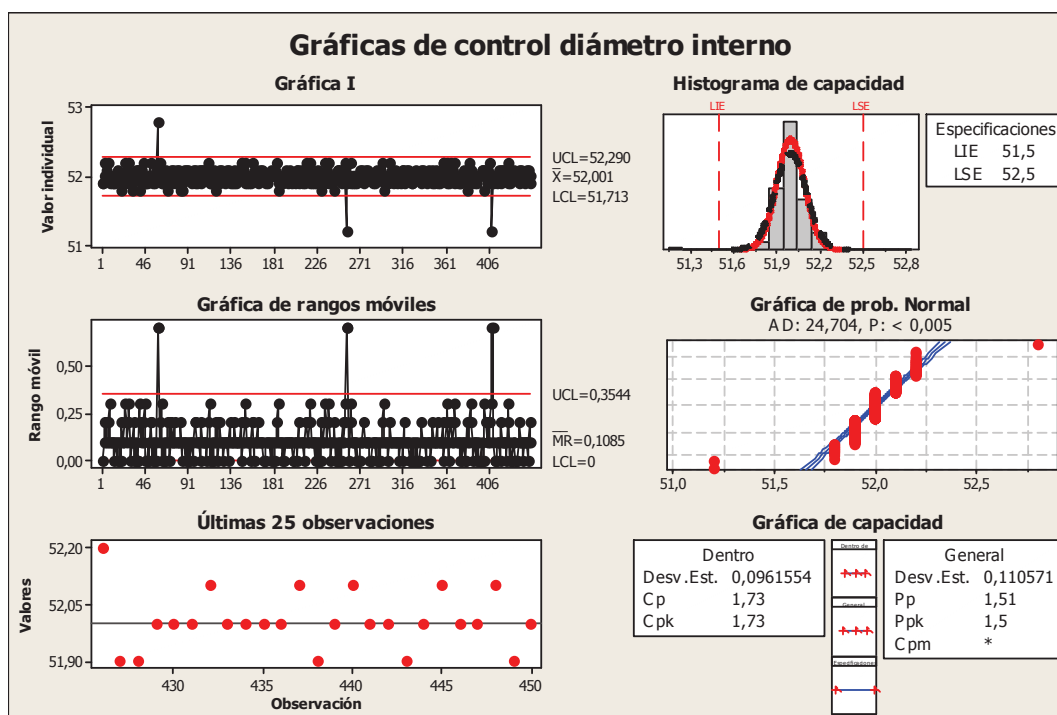
aplicación esta metodología se mantengan. Además permite observar los resultados de las mejoras implementadas. Es necesario diseñar y documentar los controles.

En este proyecto de tesis no se llegó a realizar la implementación de las mejoras por lo que no se puede elaborar controles en el mismo profundamente como es lo indicado, pero se pudo realizar un control basado en los datos obtenidos en el análisis de la Capacidad del Proceso como se verá a continuación.

4.6.1 Análisis de la Nueva Capacidad del Proceso del Capuchón Tesalia

Por medio del análisis Multi-Vari se dedujo que los tiempos de Inyección y enfriamiento en la máquina para la fabricación del producto Capuchón Tesalia, pueden ser modificados sin alterar las características críticas del producto ni el producto terminado. Los tiempos de enfriamiento y de inyección que para este análisis se utilizaron fueron de 16 y 1,7 segundos respectivamente. Por medio de un muestreo aleatorio de 400 productos se realizó el análisis Multi.Vari. A continuación en el gráfico 4.40 se encuentra por medio del programa estadístico de computación Minitab el análisis de la nueva capacidad del proceso.

Gráfico 4.40: Análisis nueva Capacidad del Procesos Capuchón Tesalia.



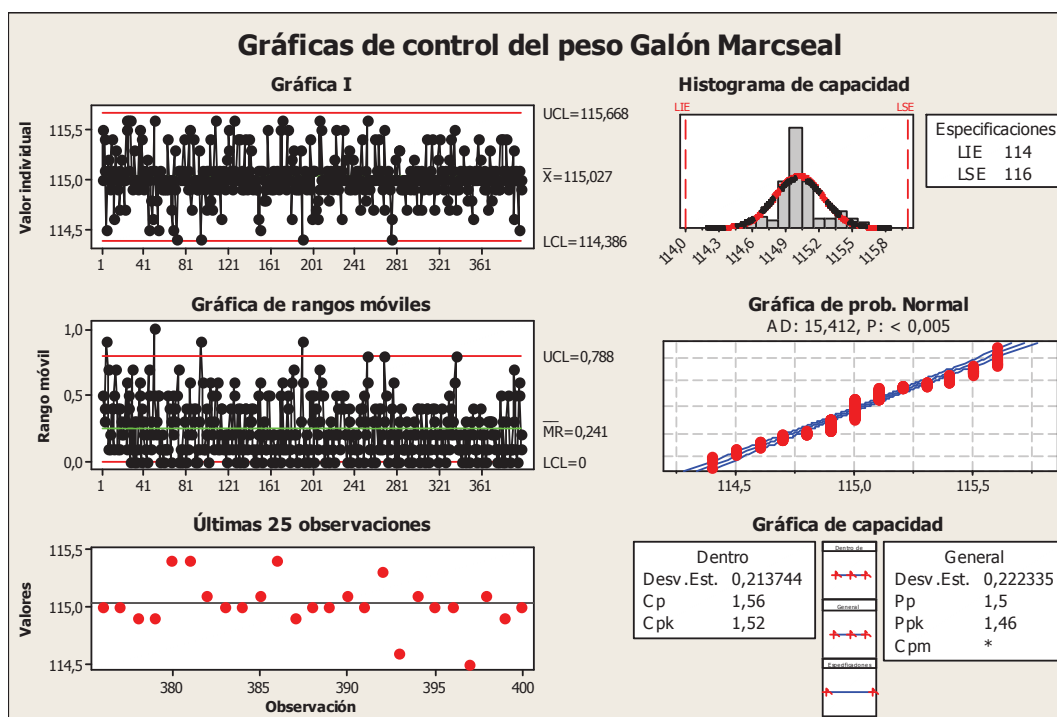
Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Por medio del Análisis de la nueva capacidad del proceso del Capuchón Tesalia se encuentra que el índice Cpk paso de ser de 1,04 a 1,73, por lo tanto se logro disminuir la variabilidad en la característica crítica de diámetro interno para el Capuchón Tesalia y mejorar el proceso de Inyección.

4.6.2 Análisis de la Nueva Capacidad del Proceso del Galón Marcseal

En el Galón Marcseal se realizó un diseño Multi-Vari adicional al peso, este fue el del diámetro externo del cuello del envase para poder hacer un experimento con los tiempos que maneja la máquina de Soplado. Por consiguiente mediante Minitab se obtuvo los resultados de que se puede bajar los tiempos de Soplado y enfriamiento sin alterar las características técnicas del Galón Marcseal a 4,8 segundos cada uno. En el gráfico 4.41 se puede observar el análisis de la nueva capacidad del proceso obtenido de la medición mediante el muestreo aleatorio de 400 productos.

Gráfico 4.41: Análisis nueva Capacidad del Procesos Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

El índice Cpk del peso del Galón Marcseal logró aumentar de 0,34 a 1,52, lo cual demuestra una disminución en la variabilidad del peso del producto, mejorando el proceso de Soplado.

4.6.3 Análisis de la Nueva Medición de Defectos en el Capuchón Tesalia

La nueva medición de defectos para el Capuchón Teasalia se realizó a partir de la aplicación de mejoras inmediatas. Las mejoras inmediatas comenzaron con el mantenimiento y rectificación adecuados del molde. Luego se realizó el seteo de la máquina de inyección con los tiempos de inyección y enfriamiento obtenidos en el análisis Multi-Vari. Finalmente el operario que realizó el control durante el proceso y el seteo de la máquina fue el mas experimentado en realizar el proceso de inyección. A continuación en la tabla 4.40 se encuentran las mediciones de defectos realizadas al producto Capuchón Teasalia.

Tabla 4.40: Nuevas mediciones de defectos del Capuchón Tesalia.

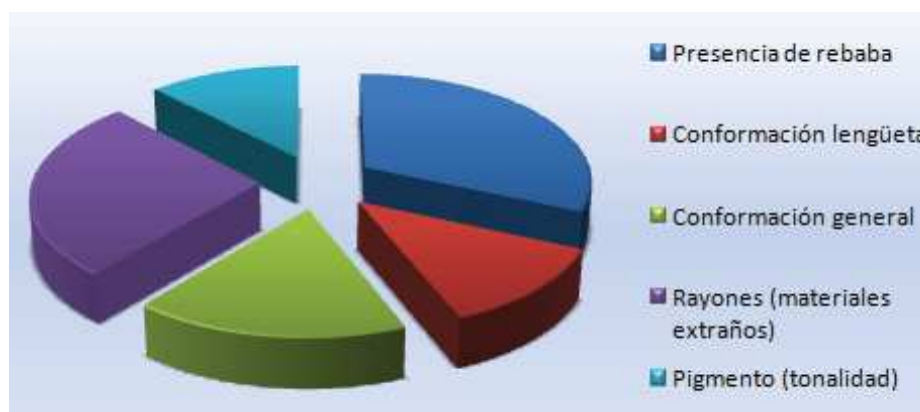
DEFECTOS	Muestra de 30	Subtotal	Muestra de 30	Subtotal	Muestra de 30	Subtotal	Muestra de 30	Subtotal	TOTAL
Presencia de rebaba	///	3	////	4	//	2	////	4	13
Conformación lengüeta	/	1	/	1	/	1	//	2	5
Conformación general		0	//	2	//	2	///	3	7
Rayones (Materiales extraños)	//	2	////	4	//	2	///	3	11
Pigmento (Tonalidad)	/	1	/	1	/	1	//	2	5

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el gráfico 4.42 se observa por medio de un cuadro de columnas las nuevas mediciones de defectos del Galón Marcseal.

La presencia de rebaba continúa siendo el defecto mas repetitivo, pero se logró disminuir en consideración la aparición de todos los defectos. En el caso de presencia de rebaba se redujo de 78 repeticiones a 13. Ver tabla 4.24.

Gráfico 4.42: Nuevas mediciones de Defectos Capuchón Tesalia.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

4.6.4 Análisis de la Nueva Medición de defectos en el Galón Marcseal

En el producto Galón Marcseal al igual que en el caso del Capuchón Tesalia se realizó una nueva medición de los defectos del producto. Para ello se llevo a cabo acciones de mejora inmediatas, así como un mantenimiento y rectificación adecuado del molde. Por consiguiente se realizó el seteo de la máquina de soplado con los tiempos obtenidos del análisis Multi-Vari, por medio del

operario que mas experiencia tiene en manejar el proceso de fabricacion del Galón Marcseal. A continuación en la tabla 4.41 se observa las nuevas mediciones de los defectos del producto.

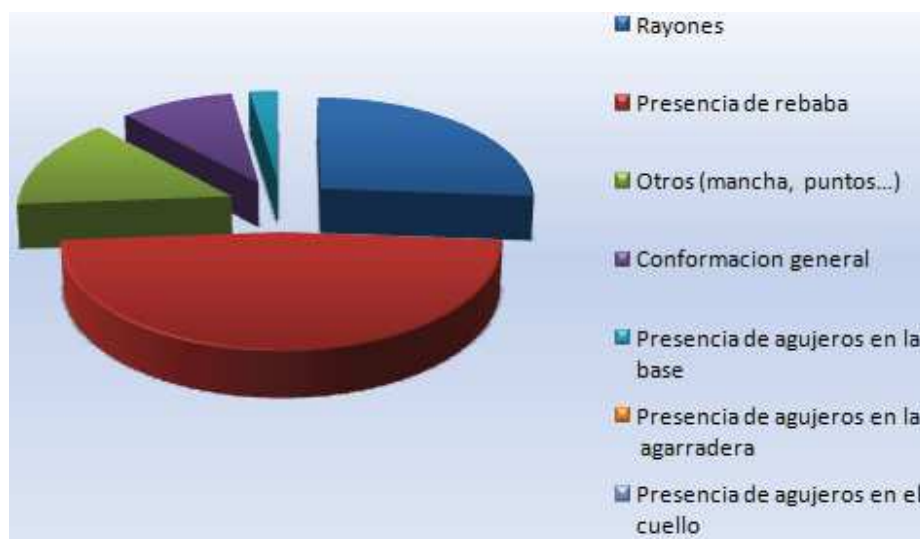
Tabla 4.41: Nuevas mediciones de defectos del Galón Marcseal.

DEFECTOS	Muestra de 50	Subtotal	Muestra de 50	Subtotal	TOTAL
Rayones	//////	7	////	4	11
Presencia de rebaba	//////////	11	//////////	9	20
Otros (mancha, puntos...)	//	2	////	4	6
Conformación general	/	1	////	3	4
Presencia de agujeros en la base	/	1		0	1
Presencia de agujeros en la agarradera		0		0	0
Presencia de agujeros en el cuello		0		0	0

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

En el gráfico 4.43 se puede apreciar por medio de un cuadro de columnas, las nuevas mediciones del Galón Marcseal en donde el defecto de mayor repetición sigue siendo la presencia de rebaba pero en menor cantidad, disminuyendo de 100 apariciones a 20. Ver tabla 4.25.

Gráfico 4.43: Nuevas mediciones de Defectos del Galón Marcseal.



Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

CAPITULO V

5 ANÁLISIS BENEFICIO – COSTO

Este análisis tiene como objetivo el comprobar la relación que existe entre los costos de la implementación de las mejoras con los beneficios económicos que la empresa obtendrá de las mismas, de esta manera se podrá determinar si el proyecto es rentable o no.

5.1 COSTOS

El principal costo en el que se basan las mejoras es la capacitación del personal. Así en la tabla 5.1 se puede observar que se ha definido que se van a realizar 25 charlas al año en las que participará los 31 operarios de planta y 2 supervisores. Se ha considerado el costo por charla para obtener el valor total al año.

Además se propone la implementación de un software para la planificación de la producción. En la tabla 5.1 se ve que el costo del software es de \$ 11960,60 y que este tiene un valor de soporte técnico anual.

Tabla 5.1: Análisis de costos por mejoras.

ANÁLISIS DE COSTOS POR MEJORAS				
ACCIONES		COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
CAPACITACIÓN				
	2 supervisores	20 \$/charla	25 charlas	500 \$
	31 operarios	30 \$/charla	25 charlas	750 \$
Otros:				
	(Materiales adicionales necesarios para la capacitación)	70 \$/charla	12 charlas	840 \$
TOTAL CAPACITACIÓN ANUAL				2090 \$
ADQUISICIÓN DE SOFTWARE PARA PLANIFICACION DE PRODUCCIÓN				
	Software	11960,60 \$	1	11960,60 \$
	Soporto técnico	598,03		598,03
TOTAL SOFTWARE				14.648,630
TOTAL DE COSTOS				\$ 16.738,630

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

Se determinó entonces que el costo total de implementar las mejoras es de \$16.738,630.

Existen mejoras adicionales mencionadas en este proyecto pero no se les considera en este análisis debido a que los costos de éstas son costos necesarios en el proceso actualmente, así por ejemplo, realizar una hoja de procedimiento para la calibración de la máquina necesitará del tiempo y trabajo del jefe de producción, así como los equipos y materiales de oficina; todo esto está siendo actualmente utilizado en la empresa.

5.2 INGRESOS ESTIMADOS

La empresa produce aproximadamente 200000 capuchones Tesalia, de los cuales existe un desperdicio del 4% lo cual da un total de 4000 unidades mensuales que son rechazadas y reprocesadas. El costo unitario por Capuchón es de \$0,12, es decir un ahorro de \$480 mensuales lo que da un total de \$5760 al año.

En el caso del galón se producen aproximadamente 70000 unidades al mes de los cuales se desperdicia el 2% que da un total de 1400 unidades rechazadas y reprocesadas. El costo unitario por Galón es de \$0,08, esto genera un ahorro de \$378 lo que significa \$4536 al año.

El total anual de ingresos que generarían las mejoras es de \$10296.

5.3 RENTABILIDAD ANUAL DE LA INVERSIÓN

A continuación se puede observar la rentabilidad de las mejoras a 3 años.

Tabla 5.2: Rentabilidad anual de la inversión.

RENTABILIDAD ANUAL DE INVERSION				
DESCRIPCION	INVERSION INICIAL	AÑO		
		1	2	3
COSTO TOTAL	11960.6			
COSTO POR CAPACITACION		2090	2090	2090
COSTO POR SOPORTE TECNICO		598.03	669.79	750.17
COSTO DE INVERSIONES ANUALES		2688.03	2759.79	2840.17
INGRESO ANUAL ESPERADO		\$10,296.00	\$10,296.00	\$10,296.00
FLUJO DE CAJA	-11960.6	7607.97	7536.21	7455.83
TIR		40%		
VAN		\$996.26		

Fuente: Jaramillo, Christian; Pérez, Julieta. 2011.

De estos resultados se puede decir que el proyecto de mejora si es viable ya que posee un VAN positivo y el valor del TIR es un 40% lo que demuestra una buena rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta parte del proyecto de tesis se detallarán las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a lo largo de la aplicación de la metodología Seis Sigma. La intención es que se implemente el plan de mejora propuesto en la planta de conformado de plástico y que las recomendaciones permitan la estandarización de las mejoras en todos los productos.

6.1 CONCLUSIONES

- El plan de mejora propuesto cumple con las necesidades de la planta de conformado de plástico para la optimización de sus procesos y el mejor desempeño de sus empleados. Es cuestión de que la empresa implemente las mejoras en su totalidad para conseguir un nivel Seis Sigma en el desarrollo de sus procesos.
- La implementación de las acciones de mejora inmediatas garantizó notablemente a la planta de conformado de plástico la mejora de los procesos de inyección y soplado. Los índices Cpk de cada producto aumentaron así como la reducción de los defectos por millón en ambos productos.
- El levantamiento de los procesos de inyección y soplado permitió conocer mejor el comportamiento del producto terminado desde que se realiza un pedido en el área de ventas de la planta de conformado de plástico y es entregado al cliente.
- La reducción de defectos en los aspectos físicos es fundamental para la calidad de los productos, se logró disminuir los defectos de mayor aparición en los productos Capuchón Tesalia y Galón Marcseal.

- Los tiempos que se manejan en las máquinas de inyección y soplado, así como los tiempos de ciclo se lograron disminuir. Por consiguiente se redujo la variabilidad en las características críticas de los productos y se logró optimizar los índices Cpk de los procesos.
- El plan de mejora propuesto es viable para la aplicación, debido a que en el análisis Beneficio-Costo realizado los valores de TIR y VAN son mayores a 0, haciendo rentable para la empresa la implementación del proyecto.

6.2 RECOMENDACIONES

- La mayor recomendación para la planta de conformado de plástico es la continuidad a la implementación del resto de mejoras propuestas para el propio beneficio de la empresa.
- El análisis de satisfacción del cliente en este proyecto de tesis se realizó mediante la experiencia y percepción del jefe de producción. Se recomienda realizar encuestas para conocer la satisfacción del cliente con mayor precisión.
- Se recomienda hacer un estudio de los decibeles, iluminación, ergonomía para mayor seguridad y salud a los empleados de la planta de conformado.
- La estandarización en los demás productos es muy importante, ya que la empresa maneja infinidad de productos que se fabrican en los procesos de inyección y soplado.
- La capacitación es sumamente importante que sea constante y a intervalos planificados para el continuo crecimiento del desempeño y

comprometimiento de los operarios y empleados en todos los niveles de la organización.

- Realizar mantenimientos planificados para que la maquinaria no incurra en daños que perjudiquen a la empresa por costos de acciones correctivos en lugar de tener mantenimientos de prevención y predicción.
- Finalmente se recomienda que la planta der conformado de plástico que imponga como política organizacional el Kaizen, es decir la mejora continua en todos los procesos que maneja para el crecimiento en el mercado de todos los productos que fabrica.

BIBLIOGRAFÍA

- BRUE, G.; HOWES, R., Seis Sigma, McGraw Hill, 1ra. Edición, Nueva York 2006.
- DE MOURA, Eduardo, Formación de Especialistas Six Sigma, Moura Quali, Quito, 2009.
- ECKES, George, El six sigma para todos, Grupo Editorial Norma, 2004.
- GALINDO, Edwin, Estadística Métodos y Aplicaciones, Prociencia, 2da. Edición, Quito, 2006.

TERMINOLOGÍA

6σ: Símbolo utilizado para representar la metodología Seis Sigma.

CAD: Diseño Asistido por Computador.

CAE: Ingeniería Asistida por Computador.

CAM: Manufactura Asistida por Computador.

Capuchón Tesalia: Tapa utilizada para sellar un bidón de agua de la empresa Tesalia en el sector de bebidas.

Cp: Capacidad Potencial del Proceso.

Cpk: Capacidad Real del Proceso.

CTS: Características Críticas para la satisfacción.

CTX: Características Críticas para el Proceso.

CTY: Características Críticas para el Producto.

DMAMC: Fases de la metodología Seis Sigma.

DPMO: Defectos Por Millón de Oportunidades.

EVA: Etileno Vinil Acetato.

GALÓN MARCSEAL: Envase para contener líquidos, específicamente Salsa de Tomate en la empresa Marcseal en el sector de salsas y aderezos.

MINITAB: Programa de computación diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas.

MP: Materia Prima.

PE: Polietileno.

PEAD: Polietileno de Alta Densidad.

PEBD: Polietileno de Baja Densidad.

PIGMENTO VIOLETA 02: Numeración estandarizada para la coloración del pigmento del Capuchón Tesalia.

PNC: Producto no Conforme.

PT: Producto Terminado.

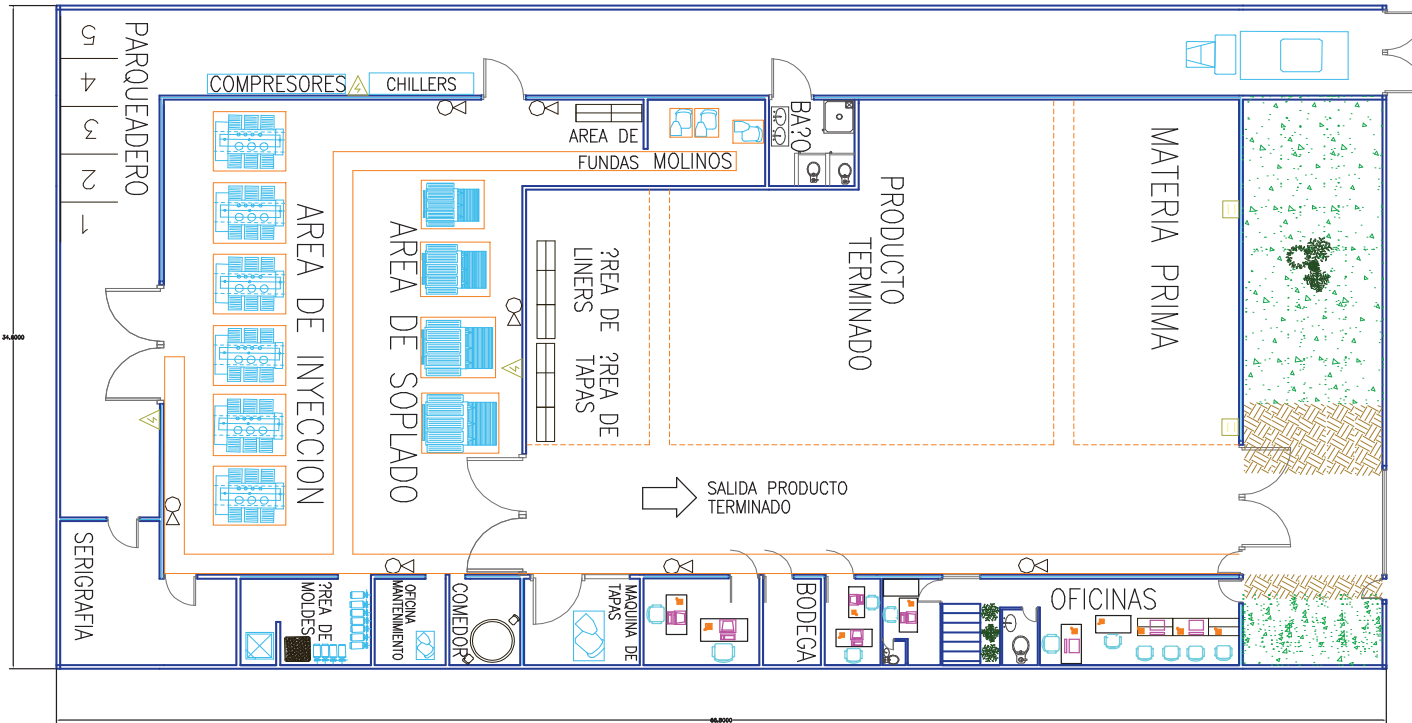
SEIS SIGMA: Metodología de mejora centrada en la reducción de la variabilidad de los procesos.

SOLIDWORKS: Programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico.

ANEXOS

ANEXO 1

Distribución de la Planta



SIMBOLOGIA	
	CAMINERIA
	EXTINTORES
	110 V
	220 V

UDLA	ELABORADO POR:	JARAMILLO-PEREZ
	REVISADO POR:	ING. JOSE TOSCANO
	UNIDAD DE MEDIDA	METROS
ESCALA: 1 : 100	PLANO PLANTA DE CONFORMADO DE PLASTICO	
CODIGO: CJ-JP		

ANEXO 2

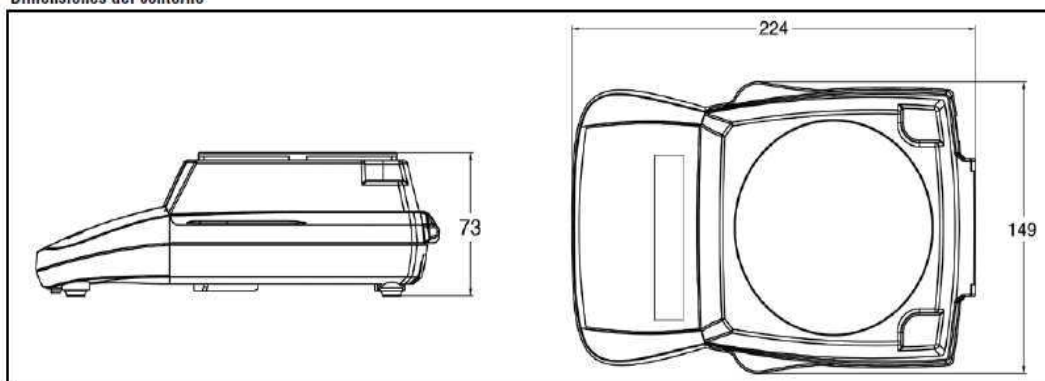
Especificaciones técnicas balanza traveler

Especificaciones

Modelos	TA152*	TA302*	TA502	TA301*	TA501	TA1501	TA3001	TA5000
Alcance (g)	150	300	500	300	500	1500	3000	5000
Escalón (g)	0.01			0.1				1
Linealidad	± 1 d							
Repetibilidad (desv. típica) (g)	0.01	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	1
Calibración alcance total (g)	100	200	300	200	300	1000	2000	3000
Calibración de linealidad(g)	100 150	200 300	300 500	200 300	300 500	1000 1500	2000 3000	3000 5000
Unidades de pesada	Gramos, Newtons							
Capacidad de tarar	Alcance total por sustracción							
Tiempo de estabilización (segundos)	< 3							
Tamaño del plato (mm)	120 dia.					120 x 135		
Tamaño de la pantalla An. x Al. (mm)	84 x 17							
Intervalo de temperatura funcional	50° - 104°F / 10° - 40°C							
Alimentación	léctrica Adaptador AC (Incluido) ó 4 pilas alcalinas (No Incluidas)							
Dimensiones A (ancho) x A (alto) x P (profundo) (mm)	149 x 73 x 224							
Intervalo de humedad funcional	30% a 90%							

* Estos modelos se suministran con una masa para calibración

Dimensiones del contorno



ANEXO 3

Mediciones capacidad del proceso Capuchón Tesalia

#	MED 1	MED 2	MED 3	MED 4	MEDIA
1	52	52	52	52	52
2	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
3	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
4	52	52	52	52	52
5	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
6	52	52	52	52	52
7	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
8	52	52	52	52	52
9	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
10	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
11	52	52	52	52	52
12	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
13	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
14	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
15	52	52	52	52	52
16	52	52	52	52	52
17	52	52	52	52	52
18	52	52	52	52	52
19	52	52	52	52	52
20	51,7	51,7	51,7	51,7	51,7
21	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
22	52	52	52	52	52
23	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
24	52	52	52	52	52
25	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
26	52	52	52	52	52
27	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
28	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
29	52	52	52	52	52
30	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
31	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
32	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
33	52	52	52	52	52
34	52	52	52	52	52
35	52	52	52	52	52
36	52	52	52	52	52
37	52	52	52	52	52
38	51,7	51,7	51,7	52	51,8
39	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
40	52	52	52	52	52
41	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
42	52	52	52	52	52
43	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
44	52	52	52	52	52
45	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
46	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
47	52	52	52	52	52

48	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
49	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
50	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
51	52	52	52	52	52
52	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3
53	52	52	52	52	52
54	52	52	52	52	52
55	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4
56	52	52	52	52	52
57	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
58	52	52	52	52	52
59	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
60	52	52	52	52	52
61	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
62	52	52	52	52	52
63	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
64	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
65	52	52	52	52	52
66	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
67	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
68	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
69	52	52	52	52	52
70	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3
71	52	52	52	52	52
72	52	52	52	52	52
73	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4
74	52	52	52	52	52
75	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
76	52	52	52	52	52
77	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
78	52	52	52	52	52
79	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
80	52	52	52	52	52
81	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
82	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
83	52	52	52	52	52
84	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
85	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
86	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
87	52	52	52	52	52
88	52	52	52	52	52
89	52	52	52	52	52
90	52	52	52	52	52
91	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4
92	52	52	51,8	51,8	51,9
93	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
94	52	52	52	52	52
95	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
96	52	52	52	52	52
97	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
98	52	52	52	52	52
99	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
100	52	52	52	52	52

101	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
102	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
103	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
104	52	52	52	52	52
105	52	52	52	52	52
106	52	52	52	52	52
107	52	52	52	52	52
108	52	52	52	52	52
109	52	52	52	52	52
110	52	52	52	52	52
111	51,8	51,8	51,8	51,8	51,8
112	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
113	52	52	52	52	52
114	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
115	52	52	52	52	52
116	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
117	52	52	52	52	52
118	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
119	52	52	52	52	52
120	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
121	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
122	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
123	52	52	52	52	52
124	52	52	52	52	52
125	52	52	52	52	52
126	52	52	52	52	52
127	51,8	51,8	52	52	51,9
128	52	52	52	52	52
129	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
130	52	52	52	52	52
131	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
132	52	52	52	52	52
133	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
134	52	52	52	52	52
135	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
136	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
137	52	52	52	52	52
138	52	52	52	52	52
139	52	52	52	52	52
140	52	52	52	52	52
141	52	52	52	52	52
142	52	52	52	52	52
143	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
144	52	52	52	52	52
145	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
146	52	52	52	52	52
147	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
148	52	52	52	52	52
149	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
150	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
151	52	52	52	52	52
152	52	52	52	52	52
153	52	52	52	52	52

154	52	52	52	52	52
155	52	52	52	52	52
156	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
157	52	52	52	52	52
158	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
159	52	52	52	52	52
160	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
161	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
162	52	52	52	52	52
163	52	52	52	52	52
164	52	52	52	52	52
165	52	51,8	51,8	51,8	51,9
166	52	52	52	52	52
167	52	52	52	52	52
168	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
169	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9
170	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
171	52	52	52	52	52
172	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
173	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
174	52	52	52	52	52
175	52	52	52	52	52
176	52	52	52	52	52
177	52	52	52	52	52
178	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
179	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9
180	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
181	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
182	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
183	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
184	52	52	52	52	52
185	52	52	52	52	52
186	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
187	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
188	52	52	52	52	52
189	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
190	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9
191	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
192	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
193	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
194	52	52	52	52	52
195	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
196	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
197	52	52	52	52	52
198	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
199	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
200	52	52	52,2	52,2	52,1

ANEXO 4

Mediciones capacidad del proceso Galón Marcseal.

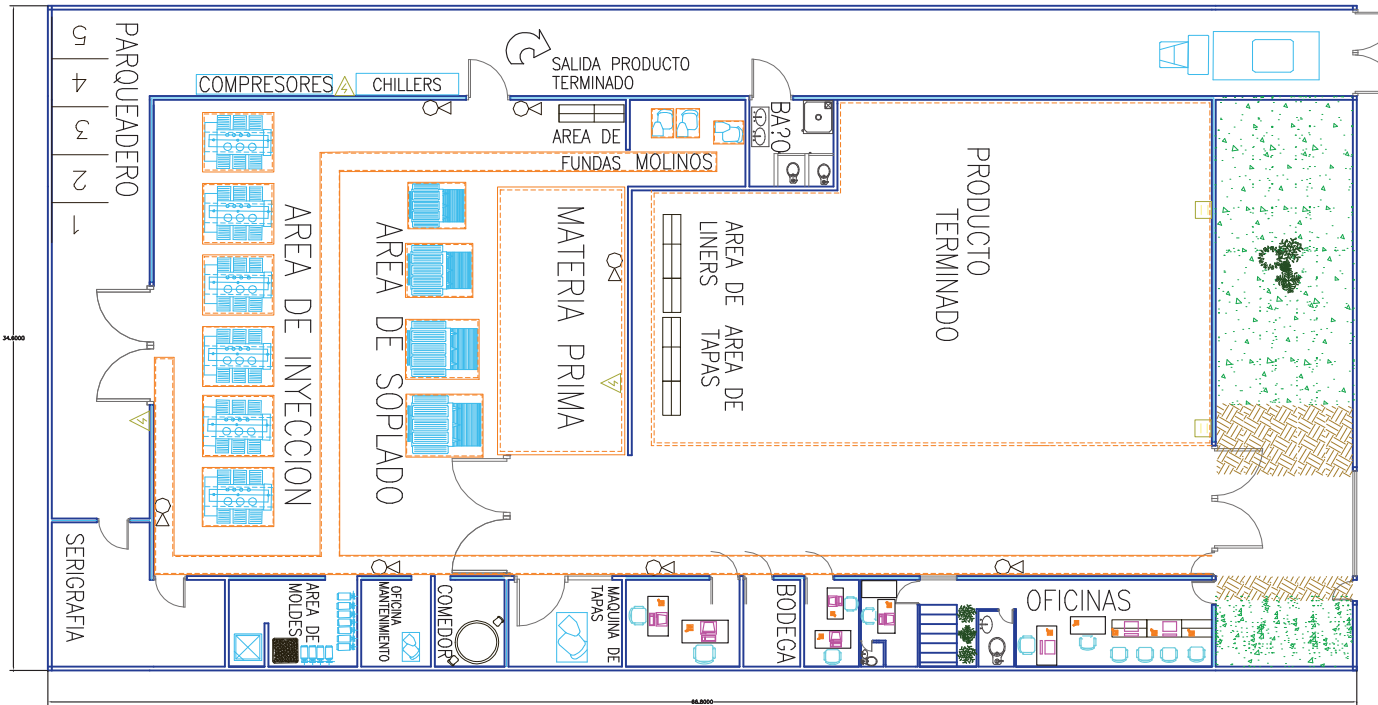
#	MED 1	MED 2	MED 3	MED 4	MEDIA
1	117,4	117	116,8	116,8	117
2	114,5	114,9	114,9	114,8	114,78
3	114,2	114,5	114,4	115,4	114,63
4	116,5	117,3	116,7	116,9	116,85
5	115	115,4	115,8	115,4	115,4
6	114,4	115,4	114,5	114,8	114,78
7	115,2	114,4	115,1	114,5	114,8
8	116,1	116,3	115,5	115,1	115,75
9	116	115,2	115,9	115,4	115,63
10	116,8	115,4	115,4	117,3	116,23
11	114,7	115	114,8	114	114,63
12	116,9	115,3	115	115	115,55
13	116,5	115	112,4	112,8	114,18
14	115,1	115,6	115,6	115,7	115,5
15	115,8	114,7	114,2	113,7	114,6
16	115,8	115	115,9	115,2	115,48
17	113,6	114	113,9	114,2	113,93
18	114,2	114,7	114,5	114,7	114,53
19	113,8	113,6	116,8	115,3	114,88
20	115,6	115,6	115,6	115,6	115,6
21	114,3	114,1	114,2	114,4	114,25
22	115,5	114,9	115	114,9	115,08
23	113,8	114,9	114,3	113,8	114,2
24	114,3	115,3	115	115,8	115,1
25	114,2	115,2	115,9	115,7	115,25
26	115,8	116,3	115,8	115,9	115,95
27	115,7	115,4	115,4	115,4	115,48
28	114,9	114,7	114,1	114,2	114,48
29	114,3	115,3	114,1	114,1	114,45
30	115,9	115,7	116	115,8	115,85
31	116,2	115,7	116,4	116,2	116,13
32	115,9	116,1	115,3	114,6	115,48
33	117	115,6	115,4	115,5	115,88
34	114,9	114,6	113,9	115	114,6
35	115,6	115,7	115,1	115,6	115,5
36	116,4	115,5	115,5	115,4	115,7
37	116,7	115,7	116,4	116,2	116,25
38	116,4	114,8	116,8	116,3	116,08
39	114,9	115,2	115,4	115,3	115,2
40	114,2	114,4	114,2	115	114,45
41	116,6	116,4	115,3	116,2	116,13
42	114,7	114,6	114,8	115,3	114,85
43	115,3	115,8	115,1	115,4	115,4
44	115,5	115,6	115,6	116,1	115,7
45	115,6	115,8	115,9	115,6	115,73
46	115,4	115,3	115,4	115,7	115,45
47	116,1	116,4	116,4	116,9	116,45

48	115,6	115,5	115	115,7	115,45
49	115	115,3	115,5	115,3	115,28
50	115,9	115	114,9	115,8	115,4
51	115,6	115,7	115,8	116,7	115,95
52	115,9	115,1	115	115,1	115,28
53	116,8	116,7	115,7	116,1	116,33
54	116,6	116	116,4	116	116,25
55	115,5	115,4	115,2	115,4	115,38
56	114,5	114,9	115,2	115,5	115,03
57	115,7	115,9	116	115,8	115,85
58	115,3	114,7	115	115,1	115,03
59	115,8	115,8	115,3	115,8	115,68
60	116,2	116,2	116,1	116,1	116,15
61	116,6	116	115	115,8	115,85
62	115,2	115,3	114,9	114,5	114,98
63	114,6	114,9	116,9	116,9	115,83
64	115,5	116,6	116,1	115,5	115,93
65	115,7	115,7	114,6	116,3	115,58
66	115,1	115,7	115,7	115,7	115,55
67	115,2	115,4	115,1	115,8	115,38
68	115,8	115,5	116,5	116,2	116
69	116,6	116,4	116,2	116,6	116,45
70	114,5	115,4	114,8	115,2	114,98
71	115,1	116	115,5	115,5	115,53
72	114,9	115,2	115,2	115	115,08
73	116,2	115,6	116,4	115,8	116
74	115,1	115,3	115,6	114,7	115,18
75	116,3	115,1	115,5	114,8	115,43
76	116	115,1	115,5	115,5	115,53
77	115,5	115,6	115,7	115,2	115,5
78	114,9	114,9	114,8	114,8	114,85
79	116	114,5	114,2	114,7	114,85
80	114,7	115,2	114,4	114,9	114,8
81	116,3	115,5	115,1	114,8	115,43
82	115,1	115,8	115,1	116,3	115,58
83	114,9	114,1	115,1	115,4	114,88
84	115,9	115,9	114,7	114,4	115,23
85	115,1	115,4	115,1	115	115,15
86	115,4	114,4	114,9	114,8	114,88
87	114,1	115	114,2	116,8	115,03
88	114,6	115,2	115,5	115,5	115,2
89	115,3	116	114,9	115,6	115,45
90	115,3	115,6	116	115,5	115,6
91	115,6	115,6	115,7	115,5	115,6
92	115,6	114,9	115,3	114	114,95
93	115,9	114,5	116,1	114,1	115,15
94	116,4	116,3	115,8	115,8	116,08
95	117	115,6	115,1	115,6	115,83
96	113,6	113,6	113,7	113,7	113,65
97	114,9	115	115	114,7	114,9
98	114,1	114	114,6	113,7	114,1
99	114,6	115,2	114,2	115,6	114,9
100	116,2	116	115,4	116,1	115,93

101	115,6	117	115	115	115,65
102	115,8	115,7	115,2	114,8	115,38
103	115,8	114,7	114,9	115,8	115,3
104	114,3	114,3	114,6	114,5	114,43
105	113,6	114,7	115,2	115,2	114,68
106	115,4	116,3	116,1	115,7	115,88
107	115	114,9	115,3	114,7	114,98
108	114,5	115,4	114,6	114,7	114,8
109	115,7	115,3	115,6	115,7	115,58
110	115,5	114,3	115	114,8	114,9
111	116,5	115,9	115,9	116,4	116,18
112	116,1	115,5	115,6	116,1	115,83
113	115,1	115,1	115,2	115,3	115,18
114	117,7	115,8	115,4	115,9	116,2
115	115	114,4	114,2	115	114,65
116	115,2	114,7	114,7	114,5	114,78
117	115,3	115,3	115,6	116,3	115,63
118	115,4	115,6	116,4	115,9	115,83
119	115,9	115,9	116,7	116,1	116,15
120	114,6	114,1	114,3	114,5	114,38
121	115,3	113,7	114,1	115,4	114,63
122	115,6	116,4	115,7	117	116,18
123	114,8	115,6	114,8	114,9	115,03
124	115,1	115,4	114,1	114,9	114,88
125	116,2	116,3	116	116,1	116,15
126	116	115,2	114,5	114,2	114,98
127	115	114,7	114,9	114,3	114,73
128	115,7	115,4	115,2	114,8	115,28
129	114,2	114,7	114,7	114,5	114,53
130	117,3	116,2	116,8	115	116,33
131	114,9	114,9	114,2	114,1	114,53
132	115	115	115,1	114,8	114,98
133	115,9	115,9	115,5	115,8	115,78
134	114,8	113,8	114,1	114,6	114,33
135	116,8	115,8	117,8	116	116,6
136	115,9	114,2	115,1	115,3	115,13
137	115,5	116,6	115,3	115,2	115,65
138	114,3	114,5	114,2	114,3	114,33
139	115,9	115,6	116,2	116,2	115,98
140	115,8	116,4	116,8	116,4	116,35
141	115,4	115,9	116,2	117,8	116,33
142	114,9	115	115,3	115,2	115,1
143	114,5	114,7	114,8	114,7	114,68
144	115,6	116,6	116,2	115,7	116,03
145	114,7	115,2	115,2	114,8	114,98
146	115,4	115	115,5	115,5	115,35
147	115,8	115,7	115,5	115,7	115,68
148	114,3	114,9	114,6	114,9	114,68
149	116,5	116,4	115,7	115,6	116,05
150	115,8	115,6	115,6	115,3	115,58

ANEXO 5

Propuesta de distribución de la planta



SIMBOLOGIA	
	CAMINERIA
	EXTINTORES
	110 V
	220 V

UDLA	ELABORADO POR:	JARAMILLO-PEREZ
	REVISADO POR:	ING. JOSE TOSCANO
	UNIDAD DE MEDIDA:	METROS
ESCALA: 1 : 100	PROPUESTA PLANO PLANTA DE CONFORMADO DE PLASTICO	
CODIGO: CJ-JP		