



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

**IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA COMO UNA HERRAMIENTA  
ADMINISTRATIVA, PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

**Guillermo Darío Mata Ramírez**

Asesorado por el Ingeniero Renaldo Girón Alvarado

Guatemala, agosto de 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA COMO UNA HERRAMIENTA  
ADMINISTRATIVA, PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR:**

**GUILLERMO DARÍO MATA RAMIREZ  
ASESORADO POR EL INGENIERO RENALDO GIRÓN ALVARADO  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2009**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejia
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADOR	Ing. Danilo Gonzalez Trejo
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez de Castañón
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA COMO UNA HERRAMIENTA ADMINISTRATIVA, PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD,**

tema que fuera asignado por la Dirección de Mecánica Industrial, el 28 de agosto de 2007.

**Guillermo Darío Mata Ramírez**

Guatemala, Junio 2008

Ing. José Francisco Gómez  
Director de Escuela  
Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería, USAC

Ingeniero Gómez:

De conformidad con la designación que me hicieron, he realizado asesoría del trabajo de graduación titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ADMINISTRATIVO DE LA EMPRESA ASESORÍA URBANA S.A."**, ELABORADO POR LA ESTUDIANTE Lidia María Cardoza Mendoza, que se identifica con número de carne 1999-10923, previó a optar el título de Ingeniera Industrial.

Luego de revisar, analizar el contenido y verificar la consistencia de los temas que se presentan, recomiendo la aprobación del siguiente trabajo.

Atentamente,

*Renaldo Girón Alvarado*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 5977

---

Msc. Ing. Renaldo Girón Alvarado  
Colegiado 5977  
Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ADMINISTRATIVO DE LA EMPRESA ASESORÍA URBANA, S.A.**, presentado por la estudiante universitaria **Lidia María Cardoza Mendoza**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Una firma manuscrita en tinta que parece decir 'Martínez'.

Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas de Castañón  
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala julio de 2008.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ADMINISTRATIVO DE LA EMPRESA ASESORÍA URBANA S.A.**, presentado por la estudiante universitaria Lidia María Cardoza Mendoza, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑADA TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
**DIRECTOR**  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2008.



/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.261.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ADMINISTRATIVO DE LA EMPRESA ASESORÍA URBANA, S.A.**, presentado por la estudiante universitaria **Lidia María Cardoza Mendoza**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olimpo Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, agosto de 2008.

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- DIOS** Por ser luz de mi vida y llevarme en el camino correcto, para alcanzar mi meta y por todas sus bendiciones.
- MIS PADRES** Por su apoyo y amor que me han dado cada día de mi vida, gracias a su gran esfuerzo que hicieron posible la culminación de mis estudios.
- MIS HERMANOS** Iris, Leonidas y Carlos, por su apoyo incondicional y consejos en todo momento de mi vida.
- MIS SOBRINAS** Kimberly y Ariana, con mucho cariño.
- MIS AMIGOS** Luís Pérez (R.I.P), Carlos Enrique Serrano Oliva, Juan de Dios Ayala, Ricardo Gálvez, Lidia Cardoza, Karla de León, Estuardo de la Rosa. Por cada uno de los momentos que compartimos y por su apoyo incondicional.

**AGRADECIMIENTOS A:**

Lic. Ricardo Arturo Gálvez Albués

Ing. Renaldo Girón Alvarado

Industria Rotoplas

.

# ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## LISTA DE ABREVIATURAS

## GLOSARIO

## RESUMEN

## OBJETIVOS

## INTRODUCCIÓN

<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>1</b>
1.1. <b>Historia de la empresa</b>	<b>1</b>
1.1.1. Misión	2
1.1.2. Visión	3
1.1.3. Política de calidad	3
1.2 <b>Actividad productiva</b>	<b>4</b>
1.2.1 Sus productos	4
1.2.2 Proveedores	5
1.2.3 Clientes	6
1.2.4 Diagrama general del proceso	7
1.3 <b>Ubicación</b>	<b>12</b>
1.4 <b>Organigrama</b>	<b>12</b>
1.5 <b>¿Qué es Seis Sigma?</b>	<b>16</b>
1.5.1 Antecedentes	19
1.5.2 Características	21
1.5.3 Calidad Seis Sigma	22
1.6 <b>Proceso de rotomoldeo</b>	<b>23</b>
<b>2. ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA</b>	<b>31</b>
2.1 <b>Calculo del nivel sigma actual</b>	<b>31</b>
2.1.1 Costos que representa el nivel sigma actual	35

<b>2.2 Evaluación de los costos de la no calidad</b>	<b>37</b>
2.2.1 La Calidad en la fuente. Seis Sigma en los proveedores	43
2.2.2 La prevención de la no calidad	43
2.2.2.1 Principales causas de la no calidad o variación	43
2.2.3 <b>¿Cuáles son los costos de la no calidad?</b>	47
2.2.3.1 Costos Por fallos internos	47
2.2.3.2 Costos por fallos externos	48
2.2.3.3 Costos de evaluación	49
2.2.3.4 Costos de prevención	50
2.2.3.5 Costos por pérdida de oportunidad	51
2.2.4 <b>Control por objetivos de los costos de la no calidad</b>	51
	53
<b>3. PROPUESTA DE MEJORA AL PROCESO DE PRODUCCIÓN</b>	
<b>MEDIANTE SEIS SIGMA</b>	
<b>3.1 Herramientas de mejora de procesos</b>	<b>53</b>
3.1.1 <b>Maic (medir, analizar, mejorar, controlar)</b>	<b>54</b>
3.1.1.1 <b>Medir</b>	<b>54</b>
3.1.1.1.1 Selección del proceso crítico	54
3.1.1.1.2 Creación del diagrama del proceso	55
3.1.1.1.3 Definir variables críticas	57
3.1.1.1.4 Cálculo de la capacidad del proceso	59
3.1.1.2 <b>Analizar</b>	<b>59</b>
3.1.1.2.1 Elegir entre las variables críticas	60
3.1.1.2.2 Estudiar el resultado de las variables	61
3.1.1.2.3 Identificar los mejores resultados	63
3.1.1.2.4 Cuantificar el objetivo de mejora	63
3.1.1.2.5 Definir la herramienta a utilizar	64
3.1.1.3 <b>Mejora</b>	<b>68</b>

3.1.1.3.1	Investigar las variables de entrada	69
3.1.1.3.2	Confirmar el efecto de las variables de entrada	84
3.1.1.3.3	Ishikawa de las variables de entrada y sus efectos	84
3.1.1.3.4	Establecer límites de control	87
3.1.1.3.5	Verificar los resultados	103
3.1.1.4	<b>Control</b>	103
3.1.1.4.1	Definir el sistema de control	104
3.1.1.4.2	Validar el sistema de control	112
3.1.1.4.3	Auditar el sistema de control	112
3.1.1.4.4	Cálculo del resultado de mejora.	112
3.1.2	<b>Control de resultados</b>	116
3.1.2.1	<b>Indicadores</b>	116
3.1.2.1.1	Relacionados con el costo	117
3.1.2.1.2	Relacionados con la agenda	117
3.1.2.1.3	Relacionados con las prestaciones	121
		123
<b>4. IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA EN LA EMPRESA</b>		
4.1	<b>Decisión del cambio</b>	123
4.1.1	La Alta Dirección está convencida de la necesidad de Seis Sigma	123
4.1.2	Formación de champions	124
4.1.3	Selección del primer grupo de Black Belts	125
4.1.4	Fijar el primer objetivo corporativo de mediano plazo en relación a Seis Sigma	126

4.1.5	Se decide sobre la necesidad de ayuda en formación	127
<b>4.2</b>	<b>Despliegue de objetivos</b>	127
4.2.1	Información a la Organización	128
<b>4.2.2</b>	<b>Formación del primer grupo Black Belts</b>	129
<b>4.2.3</b>	<b>Crear la estructura del proyecto</b>	131
<b>4.3</b>	<b>Desarrollo del proyecto</b>	132
4.3.1	Selección de expertos por departamento	133
4.3.2	Formación Jefe de Departamento	134
4.3.3	Formación continuada de expertos y especialista	136
4.3.4	Sistema de comunicación del proyecto	136
<b>5.</b>	<b>SEGUIMIENTO</b>	137
5.1	Análisis del cumplimiento de los objetivos	137
5.2	Comportamiento del proceso	138
5.3	Diferencia entre el desempeño actual y los objetivos	139
5.4	Acciones correctivas	141
<b>CONCLUSIONES</b>		143
<b>RECOMENDACIONES</b>		145
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		147

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Proceso rotomoldeo	8
2	Diagrama de flujo proceso de rotomoldeo	9
3	Organigrama estructural	16
4	Campana de Gauss	18
5	Procedimiento DMAIC	22
6	Ejemplo de rotomoldeo	29
7	Comparativo unidades producidas vrs rechazadas	32
8	Unidades rechazadas por proceso	45
9	Creación del diagrama de proceso	55
10	Porcentaje de unidades rechazadas	60
11	Proceso recepción de materia prima y accesorios	65
12	Posición del molde	69
13	Posición central	70
14	Colocación de gancho	70
15	Tornillos	71
16	Desmolde de tinaco	71
17	Desmoldante	72
18	Resina	73
19	Cerrado	73
20	Desmolde 2	74
21	Botones de arranque	74
22	Arranque	75

23	Quemadores y mecheros	75
24	Encendido	76
25	Cocimiento de resina negra	76
26	Esponjante	77
27	Cocimiento de esponjante	78
28	Resina neutra	79
29	Enfriamiento	79
30	Posición	80
31	Destapar	80
32	Retiro de producto	81
33	Manejo de tinaco	81
34	Etiqueta	82
35	Revisión	83
36	Revisión de etiqueta	83
37	Diagrama de Ishikawa contaminado	84
38	Diagrama de Ishikawa claridad	85
39	Diagrama de Ishikawa quemado	86
40	Diagrama de Ishikawa	87
41	Poros	90
42	Deforme	92
43	Claridad	94
44	Rebabeo	94
45	Contaminante	96
46	Contaminante	96
47	Fisurado	97
48	Material crudo	98
49	Grumos	99
50	Interior negro	101
51	Quemado	102

52	Inspección de materia prima	104
53	Recepción de materia prima	107
54	Manejo de materia prima	109
55	Auditaría al proceso	113
56	Terminado	114
57	Pesado	115
58	Registro de reclamos y servicios técnicos	122
59	Estructura de la organización Seis Sigma	131

## TABLAS

I	Rechazo interno	31
II	Conversión de un proceso al sistema Seis Sigma	33
III	Interpolación	34
IV	Interpolación defectos por millón	35
V	Porcentaje de costo de la no calidad	36
VI	Unidades rechazadas en proceso	44
VII	Relación entre los costos de no calidad	52
VIII	Porcentaje por rechazos	59
VIX	Recepción de materia prima	106
X	Manejo de materia prima	108
XI	Sistema de control de rotomoldeo	111
XII	Factores de conversión	120
XIII	Selección	133
XIV	Diferencia entre desempeño y objetivos	140



## GLOSARIO

- Rotomoldeo:** Es un proceso de transformación de materiales plásticos en el que no existe presión. El material termoplástico es introducido en forma de polvo en la cavidad del molde. Una vez cerrado, el molde es introducido en un horno donde comienza una lenta rotación biaxial.
- Champions:** Se refiere a los líderes, quienes dirigirán un proyecto Seis Sigma y estos se forman a través de una capacitación mas detallada que la de los ejecutivos en la que se pone énfasis en las capacidades para identificar y seleccionar proyectos y candidatos a “belts”, alinear los proyectos a las estrategias de la organización, remover barreras organizacionales, facilitar el desarrollo de los proyectos desde un punto de vista gerencial y planificar adecuadamente el despliegue de la metodología.
- Black Belt:** Son líderes de proyectos que, con una dedicación cercana al cien por ciento, los desarrollan en cualquier ámbito de la organización, sea vinculado a su área de origen o no.

**Seis Sigma:** Seis Sigma es una metodología de mejora de los procesos y servicios de una organización basada en las siguientes premisas:

1. Mejora por proyectos.
2. Cero o mínima inversión de capital.
3. Proyectos de rápida implementación (6 a 8 meses).
4. Proceso disciplinado y con decisiones basadas en datos.

**Rotoespuma:** Es un compuesto a base de polietileno, utilizado en la Construcción de tinacos.

**Antibacterial:** Es un compuesto a base de polietileno, utilizado en la producción de tinacos, su función es evitar que el agua pierda sus características química.

**Termofundido:** Operación mediante la cual un operario coloca una conexión en un tinaco, por medio de un termufusor.

## RESUMEN

La filosofía Seis Sigma, es una filosofía popular de gerencia que se esta extendiendo por el mundo entero. Su meta es hacer a la compañía más eficaz y eficiente. Eficiencia es el grado en el cual una organización satisface o supera los requisitos de sus clientes. La eficiencia se refiere a los recursos que se consumen para alcanzar esa eficiencia.

Sin la búsqueda de la excelencia, una empresa tiende a conformarse con su status quo, con su cuota de mercado actual, sin darse cuenta que en un mercado global como el actual puede perderse esa posición inmediatamente frente a inesperadas acciones de la competencia.

Es por ello que se justifica la implementación de esta herramienta, con el objetivo de buscar mejoras con respecto a la calidad de nuestros productos, tratando de eliminar en lo mayor posible la variabilidad en nuestros procesos, y con esto ampliar la brecha que nos separa de la competencia, utilizando la calidad en nuestro producto terminado como un factor estratégico de competitividad

Los equipos Seis Sigma deben aprender el manejo no sólo de las herramientas técnicas que mejoraran el desempeño Sigma, sino también de las que ayudan a obtener que los interesados acepten soluciones que impulsan el mejoramiento sigma.

Las señales de que una organización está adoptando la filosofía Seis Sigma incluyen: más administración a base de hechos y datos, manejo de procesos y no de funciones, participación en equipos de proyecto y cambio en los sistemas de recompensas y reconocimientos.

Para que la implementación de la filosofía Seis Sigma tenga el éxito esperado, es preciso que afecte a todos y cada uno de los miembros de la organización.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Disminuir los niveles de rechazo interno, mediante la implementación de Seis Sigma como una herramienta administrativa para el aseguramiento de la calidad.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Reducir los costos asociados a la baja calidad del producto, sobre todo los costos de reproceso y garantía.
2. Reducir los costos de desperdicio de materia prima por producto rechazado.
3. Aumentara el número de clientes satisfechos con sus productos, lo cual es vital para aumentar la competitividad de la empresa.
4. Incrementar los ingresos, como consecuencia de la eliminación de desperdicio.
5. Incrementar la eficiencia en la utilización de los recursos
6. Disminuir la variabilidad en nuestros procesos

7. Estandarizar nuestros procesos, mediante la capacitación de los operarios

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, múltiples empresas tanto industriales como comerciales buscan disminuir los costos de la no calidad, tanto a nivel de producción como de comercialización y en consecuencia mejorar sus índices financieros, en busca de lograr un mejor nivel competitivo en una sociedad de consumo que lentamente se dirige a una evolución de mercado, con proyecciones de globalización.

Los enfoques para lograr la calidad varían, pero los objetivos siempre son los mismos, en nuestro caso en particular se pretende disminuir la variabilidad en los procesos, con lo cual también disminuiríamos las variables que causan rechazo interno en planta. Se pretende con la implementación de esta herramienta, considerar la calidad como un factor estratégico de competitividad.

En el caso particular, la línea de producción es el proceso vital de esta empresa industrial y comercial, cuyo nivel de distribución y demanda se ha visto incrementado de manera sorprendente en los últimos años, pero pese a ello, cuenta con un alto índice de riesgo de fallas que ha incrementado los niveles de rechazo interno y pérdidas derivadas de esos procedimientos, además de otras dificultades operativas.

Siendo precisamente el proceso de producción el de más alto riesgo y el que precisamente representa el que hacer diario de la empresa, se hace de vital importancia hacer cambios y ajustes para no sólo mejorar esa situación, sino que además, dado el factor de demanda y venta del producto final, incrementar la brecha entre la competencia y dicha empresa, mediante la implementación

de Seis Sigma como una herramienta administrativa para el aseguramiento de la calidad.

Se pretende con la implementación de esta herramienta administrativa, disminuir el nivel de rechazo en planta, ya que últimamente se ha visto incrementado, para con esto disminuir los costos derivados de la no calidad, y consecuentemente disminuir los costos de producción e incrementar sus índices gananciales.

Cada uno de los capítulos relata con detalle la situación actual de la empresa, sus procesos actuales, niveles de rechazo y lo que estos niveles de rechazo cuestan a la empresa.

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Historia de la empresa

Hace 27 años se fundó una empresa que introdujo e impulsó productos fabricados en polietileno para el almacenamiento y el cuidado del agua afianzando así una industria que en poco tiempo crecería y se convertiría en líder tecnológico y comercial del mercado mexicano.

Desde entonces, Grupo Rotoplas ha tenido como objetivo primordial, el mejorar la calidad de vida de sus clientes a través de servicios y productos competitivos para la construcción, la agricultura y la industria.

El 1 de abril de 1996 se crea en Guatemala "Tinacos y Tanques de Centroamérica, S.A.", cuyo nombre comercial es Titancasa, con el apoyo y participación del Grupo Rotoplas de México.

En su inicio se dedica a la comercialización de diversos productos de plástico fabricados en las plantas de México, El 03 de noviembre de 1997 se realiza el montaje de la planta de fabricación en Guatemala, para procesar sus propios productos.

Una vez iniciada la producción y venta directa en la planta Guatemala, el mercadeo y venta se expandió hacia otros países de Centroamérica, definiéndose puntos importantes de distribución como es El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

La planta de Guatemala está ubicada al sur de la ciudad capital en el Municipio de Villa Nueva dentro de un área industrial. La planta cuenta con 120 metros de largo por 60 metros de ancho. Son dos niveles, en la segunda planta están la bodega de accesorios y oficinas de producción.

En la planta baja se encuentra la planta de producción y la bodega de materia prima o resinas. A la par de la planta se encuentra el área de carga y descarga y se comparte con la empresa vecina. También hay área de cafetería, baños para los empleados, comedor y parqueo.

En Rotoplas Guatemala laboran 65 empleados y en los centros de distribución en Centroamérica 16 colaboradores más.

Grupo Rotoplas mantiene el liderazgo del mercado nacional y cuenta con una presencia sólida en el ámbito internacional. Sin embargo, los retos son continuos y Grupo Rotoplas siempre está en la búsqueda de desarrollo, a través de una innovación tecnológica constante, para concretar productos que garanticen el cuidado de la salud y la economía de las familias.

### **1.1.1. Misión**

La misión es un enunciado corto que describe el propósito fundamental y la razón de existir de una dependencia, entidad o unidad administrativa.

La misión de Grupo Rotoplas es proporcionar “Que la gente tenga más y mejor agua” mediante su amplia gama de productos, para cubrir las diferentes necesidades: Almacenamiento, conducción y purificación del agua, entre éste, mejorando la calidad del agua, desde ahorro y tratamiento de la misma, así mismo ayudando a la economía de las familias.

### **1.1.2. Visión**

La visión es la descripción de un escenario altamente deseado por la Dirección General de una organización en un determinado tiempo.

Ser el líder absoluto en Tinacos y Cisternas generando productos estrella en nuestras líneas de filtros, tubos, bombas, fosas sépticas y accesorios, soportando nuestro éxito en la innovación, productividad, calidad y servicio.

Lograr implantar un modelo empresarial eficaz, para ser replicado en otros países, de modo que logremos la supremacía de nuestras marcas a nivel Latinoamérica.

### **1.1.3. Política de calidad**

La política de calidad representa las orientaciones y objetivos generales de una organización en relación a la calidad en la forma expresada por la Dirección superior de una empresa.

La política de calidad de Grupo Rotoplas, es ser un equipo que día a día se esfuerce en proporcionar servicios y productos, que logren la plena satisfacción de los clientes, logrando así mantener los estándares de calidad que la empresa solicita para mantener a la empresa como el líder mundial en el mercado de los tinacos.

## **1.2 Actividad productiva**

La actividad productiva se refiere a la tarea o el desempeño de una labor específica que busca transformar bienes y/o servicios en otros bienes o productos útiles a la empresa. La actividad productiva genera rentabilidad y beneficio para quien la ejerce y satisface al mismo tiempo las necesidades humanas de la empresa.

La empresa tiene como proceso principal, la manipulación de diferentes resinas, como: polietileno negro de baja densidad, polietileno negro de alta densidad y rotoespuma, para la creación de los diferentes productos, que por medio de un proceso de rotomoldeo que se explica más abajo, las convierte en depósitos de almacenamiento de fluidos, los fluidos almacenados en estos depósitos pueden ser: agua para el consumo humano, químicos, almacenamiento de agua de lluvia, este último se utilizan en comunidades aisladas que no tiene acceso al agua potable.

### **1.2.1 Productos**

Sus productos líderes se conocen comercialmente como tinacos, los cuales se fabrican en diferentes capacidades, siendo los más comerciales los tinacos de:

- 250 litros
- 450 litros
- 750 litros
- 1,100 litros
- 2,500 litros

Estos productos se elaboran con la combinación de dos tipos de resinas, una que da color a su interior blanco, la cual además tiene una formulación antibacterial, la cual evita la proliferación de algas en el interior, conservando el agua en su estado mas puro, y su segundo material es el que da color a su exterior negro, que bloquea los rayos ultravioleta, aislando los del líquido. De allí su nombre tinaco bicapa.

Además, la empresa es líder en la fabricación de tanques y cisternas, los tanques se producen en las capacidades de:

- 5,000 litros
- 10,000 litros
- 15,000 litros
- 22,000 litros

Esta línea es denominada Agroindustria.

El presente proyecto está enfocado en su totalidad a sus productos estrellas, los cuales fueron descritos anteriormente.

### **1.2.2 Proveedores**

Todos los proveedores de la empresa son de origen mexicano, tanto de materia prima como de accesorios utilizados. Se busca que la calidad de las resinas utilizadas sea de la más alta calidad, para así garantizar la calidad en el producto terminado.

Grupo Rotoplas cuenta con una fábrica de compuestos en Monterrey, en donde se producen las resinas utilizadas en todas las plantas, tanto Centroamericanas y Suramericanas como en México.

Los accesorios como conexiones, tapas y motobombas, también se producen bajo el mismo nombre de Grupo Rotoplas. Los únicos proveedores locales son los que realizan las etiquetas en donde se colocan la capacidad del tinaco.

Todos los proveedores cumplen con los estándares de calidad que la empresa exige, el único problema es que no se cuenta con proveedores alternativos con los que se pueda contar para cualquier emergencia, y ha pasado que a veces se ha tenido que parar la producción por que no llega la materia prima a tiempo.

### **1.2.3 Clientes**

Los clientes con que cuenta la empresa son locales y centroamericanos, ya que se cuenta con puntos estratégicos de distribución en El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

El producto más vendido a nivel nacional y centroamericano es el sistema de mejor agua de 750 litros y el sistema de mejor agua de 1,100 litros. Con mucha aceptación en Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

Los clientes principales de Rotoplas son las ferreterías, no se trabajan directamente con consumidores finales, solo con distribuidoras.

Grupo Rotoplas fue considerado por el Estado como la mejor opción en proyectos sociales, ya que ha sido elegida en múltiples oportunidades para la producción de proyectos lanzados por este. Recientemente trabajamos en un proyecto social impulsado por el gobierno de Cuba, el cual fue realizado con éxito. y con altos volúmenes de producción.

#### **1.2.4 Diagrama general del proceso**

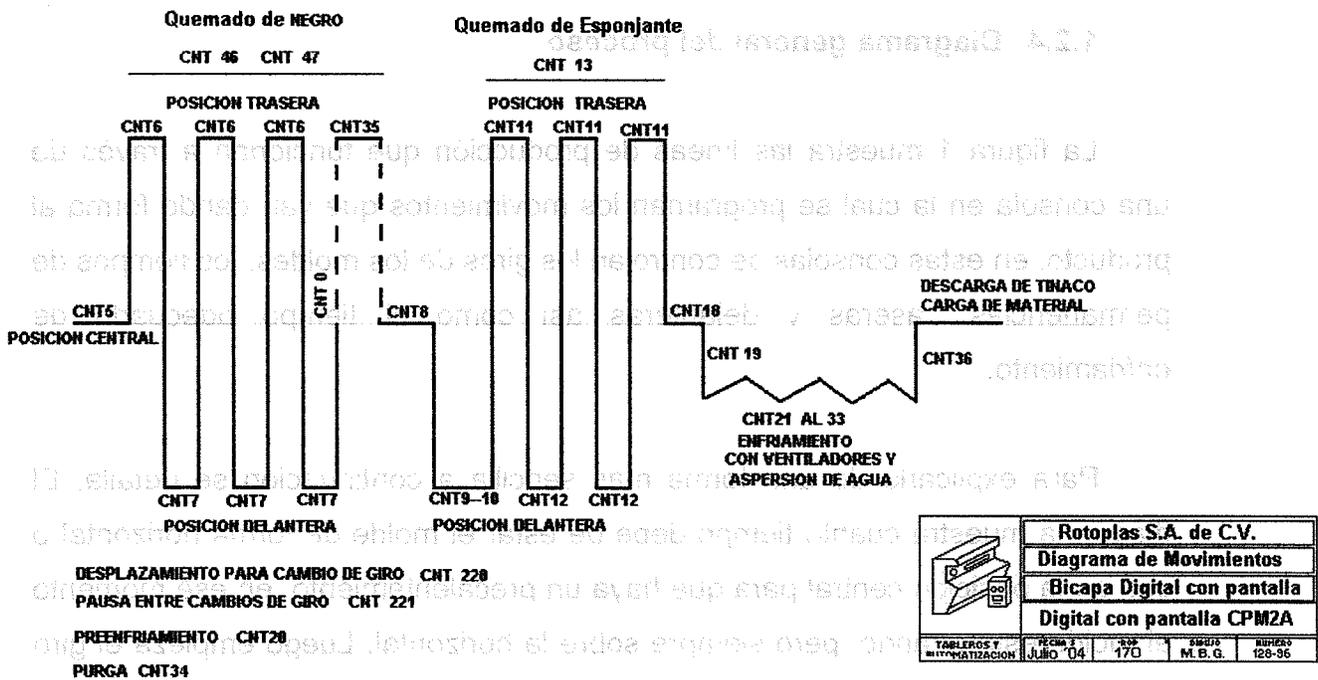
La figura 1 muestra las líneas de producción que funcionan a través de una consola en la cual se programan los movimientos que van dando forma al producto, en estas consolas se controlan los giros de los moldes, los tiempos de permanencias traseras y delanteras así como el tiempo adecuado de enfriamiento.

Para explicarlo de una forma más sencilla a continuación se detalla: El diagrama muestra cuánto tiempo debe de estar el molde de forma horizontal o sea en la posición central para que haya un precalentamiento, en ese momento el molde está girando, pero siempre sobre la horizontal. Luego empieza el giro en forma vertical, primero el molde se mueve para arriba, después regresa a la horizontal y luego gira verticalmente hacia abajo, toda esta fase es la fase de quemado de negro, que es la capa negra del exterior.

Al finalizar esa etapa, se vierte la rotoespuma y empieza el quemado de esponjante y realiza los pasos anteriores. Al finalizar empieza la etapa de enfriamiento con los ventiladores y aspersion de agua, pero todo ello se realiza con el molde girando. Luego se descarga el molde.

Dado a que el proceso de rotomoldeo es relativamente nuevo, no existe información abundante de este tema, por tal razón el proceso de aprendizaje de dicho proceso es en gran medida gracias a la práctica. El proyecto de producción de bicapas con el cual fue realizado por el gobierno de Cuba, el cual fue realizado con éxito y con altos volúmenes de producción.

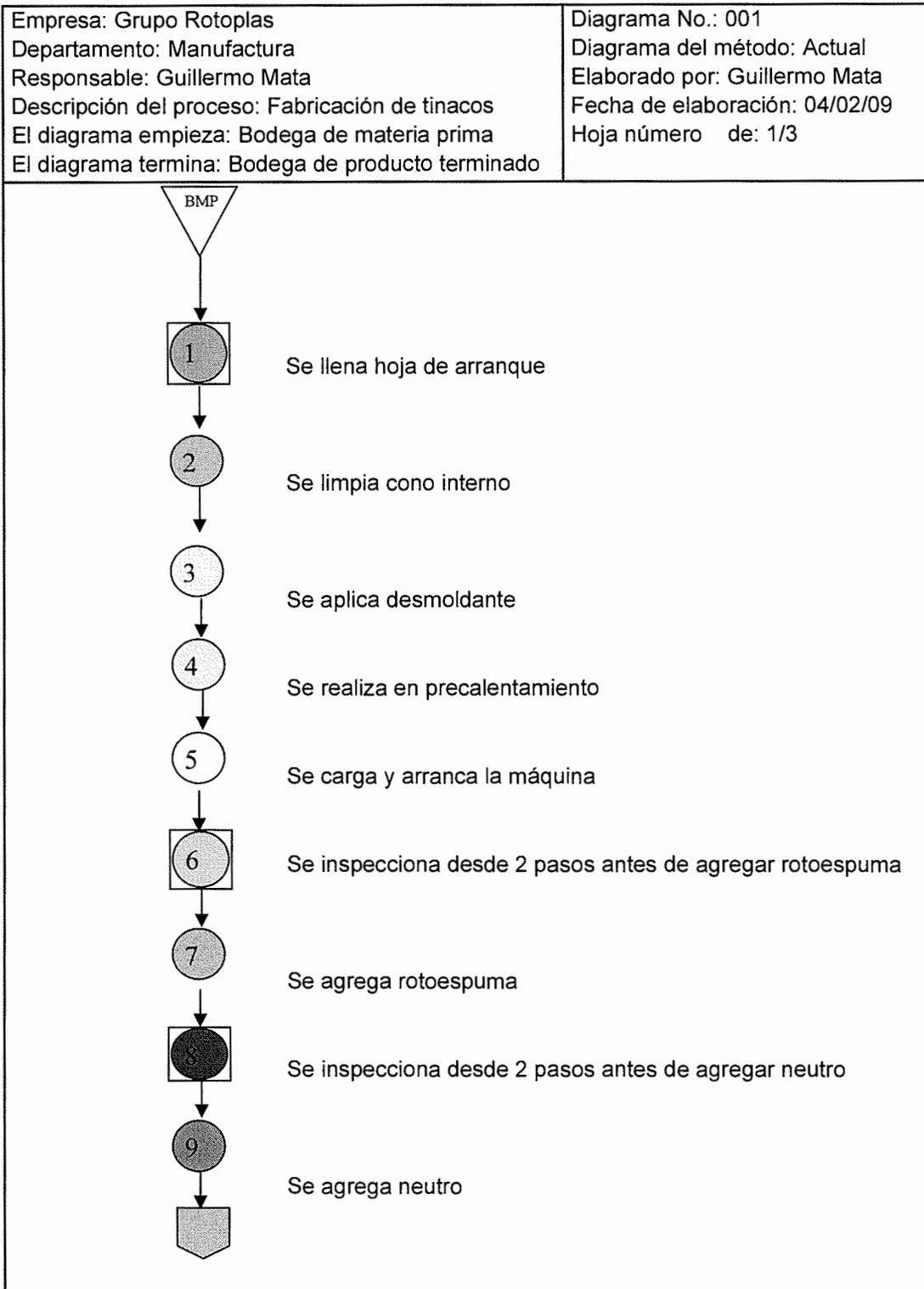
**Figura 1. Proceso de rotomoldeo**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

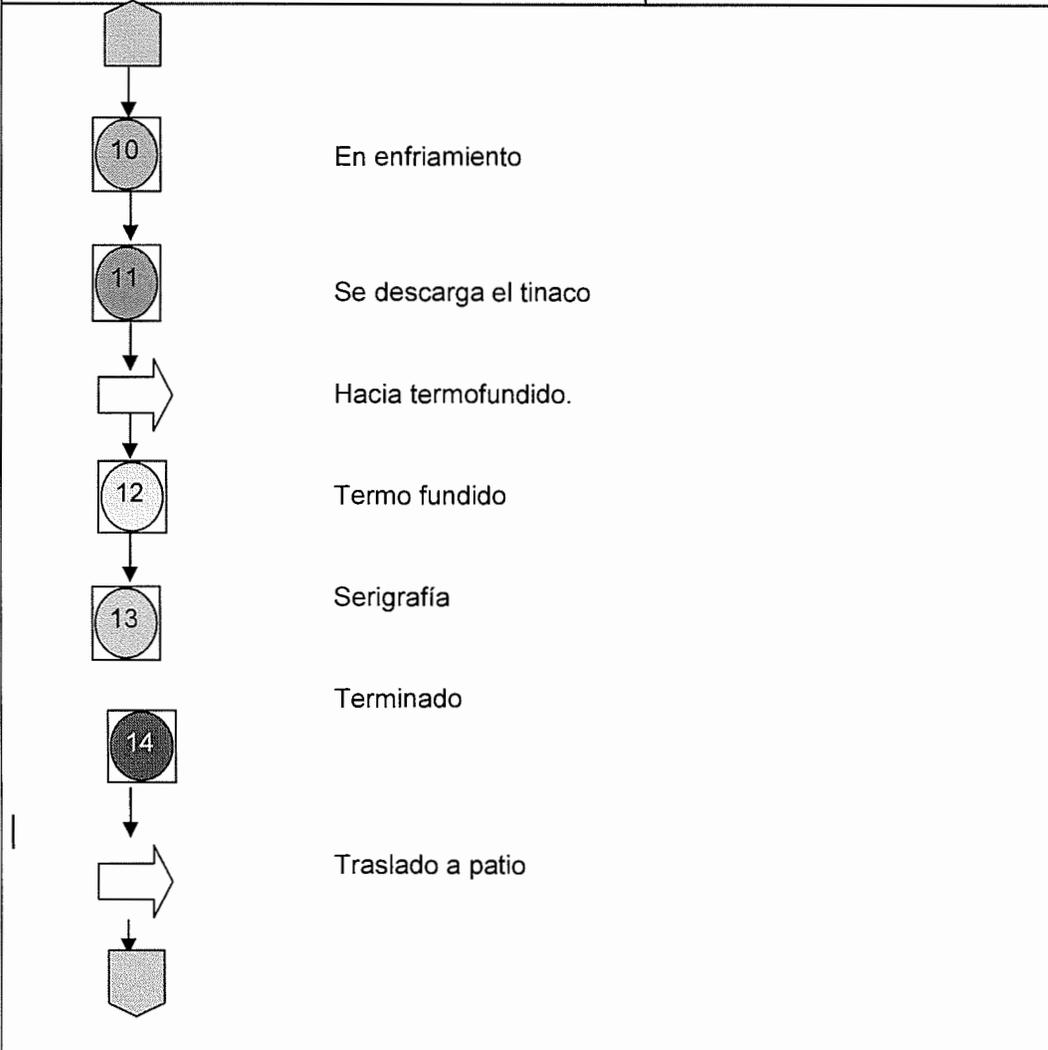
En la figura 2, se muestra el diagrama de flujo completo del plan de calidad. El diagrama muestra el flujo de material a través de diferentes etapas de producción, incluyendo la preparación de la materia prima, el moldeo, el quemado, el enfriamiento y el acabado final. El diagrama también muestra los puntos de control de calidad y los procedimientos de corrección de errores.

**Figura 2. Diagrama de flujo proceso de rotomoldeo**

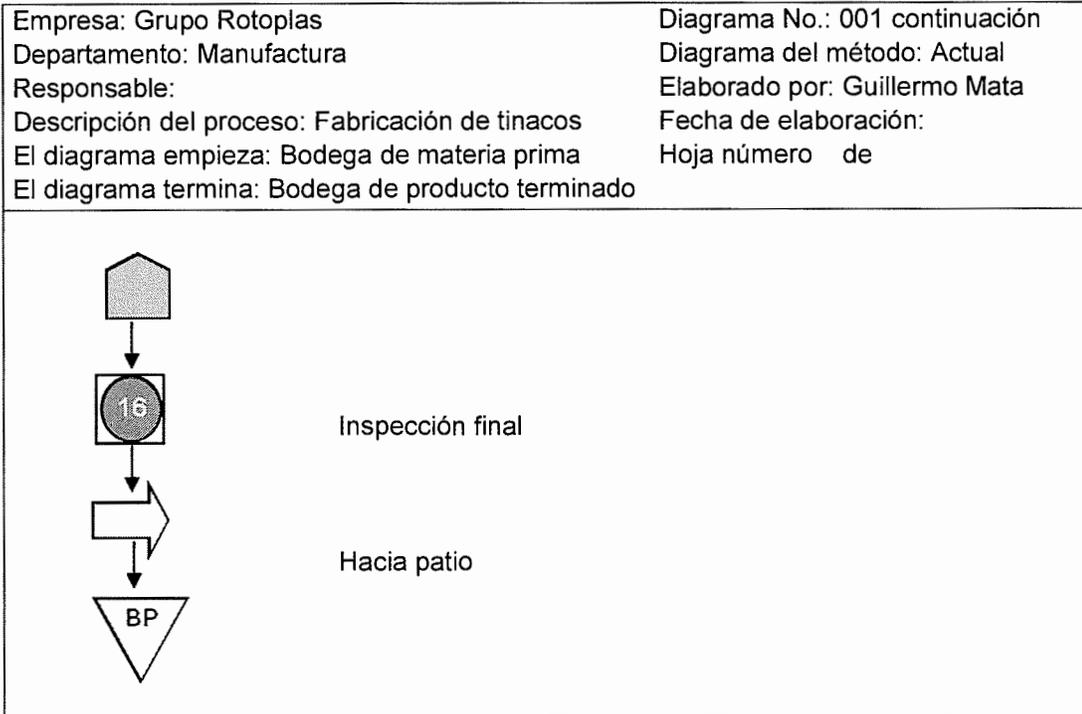


## Continuación figura 2. Diagrama de flujo proceso de rotomoldeo

Empresa: Grupo Rotoplas Departamento: Manufactura Responsable: Guillermo Mata Descripción del proceso: Fabricación de tinacos El diagrama empieza: Bodega de materia prima El diagrama termina: Bodega de producto terminado	Diagrama No.: 001 continuación Diagrama del método: Actual Elaborado por: Guillermo Mata Fecha de elaboración: 04/02/09 Hoja número de 2/3
---	--



### Continuación figura 2. Diagrama de flujo proceso de rotomoldeo



#### Resumen

Evento	Símbolo	Numero
Operación		6
Operación - Inspeccion		9
Transporte		3
Almacenamiento		2

**Fuente: Grupo Rotoplas**

### 1.3 Ubicación

La empresa realiza sus operaciones en el kilómetro 18 carretera a Amatitlan, Villa Nueva. Esta se encuentra situada dentro de un área industrial. Desde este punto se realizan todas las distribuciones tanto a nivel regional como centroamericano.

Grupo Rotoplas cuenta con su propia flota de camiones, los cuales distribuyen el producto a nivel nacional y centroamericano.

### 1.4 Organigrama

Un organigrama es un gráfico de las organizaciones, es la forma que muestra los diferentes cargos de una estructura administrativa, sus relaciones y algunas veces los niveles de autoridad y las principales funciones.

Como se muestra en la figura 3, el organigrama general de la empresa, está basado en jerarquías, donde cada empleado tiene muy bien definido su puesto y a quien debe de reportar sus actividades.

- **Gerencia general:** El gerente general de la empresa Rotoplas, es quien se encarga de contratar todas las posiciones gerenciales, realizar evaluaciones periódicas acerca del cumplimiento de las funciones de los diferentes departamentos, planear y desarrollar metas a corto y largo plazo junto con objetivos anuales y entregar las proyecciones de dichas metas para la aprobación de los gerentes corporativos, crear y mantener buenas relaciones con los clientes, gerentes corporativos y proveedores para mantener el buen funcionamiento de la empresa, entre otras.

- **Gerente de ventas:** El gerente de ventas se encarga básicamente de preparar planes y presupuestos de ventas, para planificar sus acciones y las del departamento, tomando en cuenta los recursos necesarios y disponibles para llevar a cabo dichos planes, calcular la demanda y pronosticar las ventas, este proceso es de vital importancia para que la empresa produzca los productos necesarios para la venta y así no perder clientes, por no poder cumplir con la demanda, delimitar el territorio, establecer las cuotas de ventas y definir los estándares de desempeño.
  
- **Gerente de administración:** Debe de gestionar, planear y organizar las actividades de la empresa, observando principios legales, políticas y directrices adoptadas, para definir formas de control presupuestario, contable y financiero adecuados a la estrategia de negocios que sean realizados.
  
- **Gerente de producción:** El gerente de producción es el responsable de la coordinación y supervisión de todos los detalles administrativos, económicos y técnicos de la producción, con el fin de que los productos cumplan con el proceso respectivo, además, el gerente de producción supervisa todas las acciones del grupo de producción. Bajo el cargo del gerente de producción se encuentra:
  - **Compras:** Este departamento se encarga de realizar todas las compras de materia prima, equipo, herramientas, etc., con el fin de abastecer a la empresa y no dejar que la misma mantenga mucho o poco inventario. Haciendo evaluaciones periódicas a sus proveedores, en las cuales se considera, tiempo de entrega, precio y calidad.

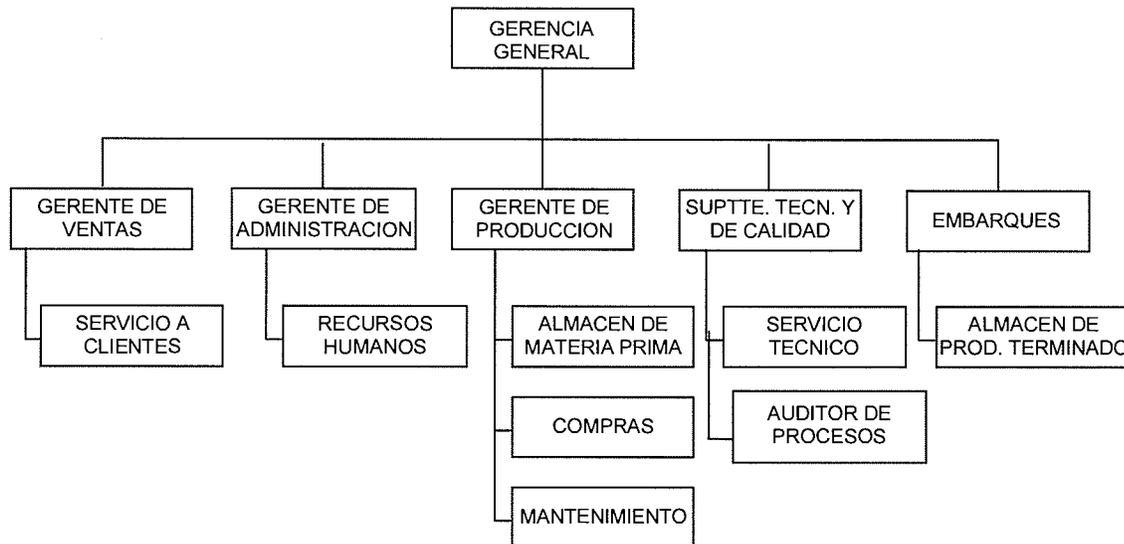
- **Bodega de materia prima y accesorios:** El almacén de materia prima y accesorios, recibe todos los materiales necesarios para llegar al producto final, se contabiliza, se crea el inventario y se almacena para usos posteriores.
  - **Mantenimiento:** Este departamento se encarga de verificar que la maquinaria y herramientas se encuentren en estado óptimo de funcionalidad. Se encarga de realizar tanto mantenimientos predicativos, como preventivos.
- **Servicio a clientes,** es el servicio que proporciona a la empresa, el vínculo necesario para relacionarse con sus clientes.
- **Recursos humanos:** Su objetivo es conseguir y conservar un grupo humano de trabajo cuyas características vayan de acuerdo con los objetivos de la empresa a través de programas adecuados de reclutamiento, selección, capacitación y desarrollo.
- **Logística:** este coordina, evalúa y ejecuta los envíos de producto terminado a sus distintos distribuidores locales y centroamericanos. Haciendo en análisis económico de rutas de envío. Están bajo su responsabilidad:
  - **Almacén de producto terminado:** En el almacén de producto terminado se colocan todos los productos que ya han pasado por el proceso de producción y están a la espera de ser vendidos o distribuidos.
  - **Facturación:** Este se encarga de la facturación de las ventas, luego que el servicio al cliente toma los pedidos los traslada a dicho departamento.

- **Aseguramiento de calidad:** su función es asegurar que el proceso productivo se efectúe de acuerdo a los procedimientos establecidos, además de establecer puntos de inspección de calidad, en proceso de producción y recepción de materia prima y accesorios.

Asegura que la materia prima recibida, cumple con los estándares establecidos por Grupo Rotoplas, mediante estudios como granulometría, fluidez seca, luego de estos análisis el departamento de calidad libera los lotes recibidos para pasar a bodega de materia prima, para ser utilizados ya en el proceso de producción. Esta bajo el cargo de aseguramiento de calidad:

- **Auditor de procesos:** El auditor de procesos se encarga de corroborar que el producto pase por todas las etapas de la producción y que las mismas se encuentren en la calibración correcta.
- **Servicio técnico:** Se encarga de atender los reclamos del cliente, este realiza un análisis de la situación y establece si el reclamo corresponde a un error en la instalación o un defecto de fabricación. Grupo Rotoplas, se responsabiliza por todos los fallos que puedan darse en sus productos, siempre y cuando estos sean debido al proceso productivo, mas no se responsabiliza por fallos ocasionados por mala instalación en los productos.

**Figura 3. Rotoplas de Guatemala, organigrama estructural**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

### 1.5 ¿Qué es Seis Sigma ( $6\sigma$ )?

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la eliminación de defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades, entendiéndose como defecto, cualquier evento en que un producto o un servicio no logra cumplir los requerimientos del cliente.

Obtener 3.4 defectos en un millón de oportunidades es una meta bastante ambiciosa, pero lograda, si se considera que normalmente en un proceso el porcentaje de defectos es cercano al 10%, o sea 100,000 defectos en un millón de instancias, 3.4 defectos en un millón de oportunidades es casi decir cero defectos.

El programa Seis Sigma intenta batir un enemigo de los procesos. La variabilidad. Como filosofía de trabajo, Seis-Sigma significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyado en la aplicación de la metodología Seis-Sigma, la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadística, además de otras de apoyo.

Dentro de los beneficios que se obtienen del Seis Sigma están: mejoramiento de la rentabilidad y la productividad. Una diferencia importante con relación a otras metodologías es la orientación al cliente.

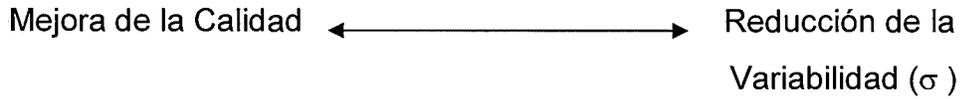
Literalmente cualquier compañía puede beneficiarse del proceso Seis Sigma. Diseño, comunicación, formación, producción, administración, pérdidas, etc. Todo entra dentro del campo de Seis Sigma. Pero el camino no es fácil. Las posibilidades de mejora y de ahorro de costes son enormes, pero el proceso Seis Sigma requiere el compromiso de tiempo, talento, dedicación, persistencia y, por supuesto, inversión económica.

Como meta, un proceso con nivel de calidad Seis-Sigma significa estadísticamente tener un nivel de clase mundial al no producir servicios o productos defectuosos ( $0.00189 \text{ dpm}^1$  (defectos por millón), proceso centrado y hasta  $3.4 \text{ dpm}$  (defectos por millón), proceso no centrado de  $1.5\sigma$ ).

El enfoque Seis Sigma parte de la premisa que las pérdidas de un producto son directamente proporcionales a la variabilidad de la característica de calidad del producto en cuestión. Por ello, en general, la mejora de la calidad pasa por reducir la variabilidad,  $\sigma$ .

---

<sup>1</sup> Defectos por millón

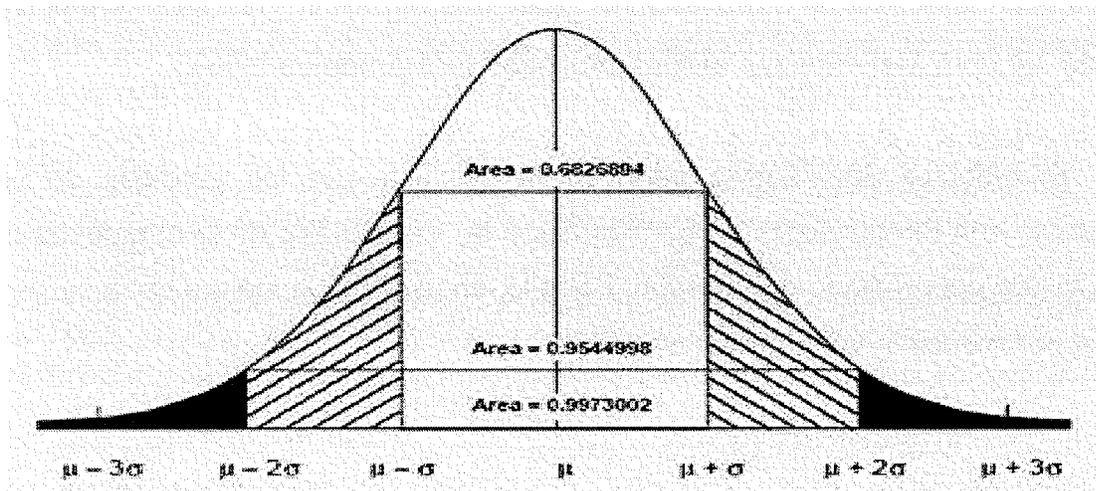


De modo que la estrategia básica para la mejora de la calidad pasa por identificar las causas o factores que producen variabilidad y luego ajustarlos de modo que tengamos una variabilidad mínima.

Seis Sigma es un parámetro cuya base principal es la desviación estándar y su enfoque es reducir la variación y/o defectos en lo que hacemos. Ver figura 4. Campana de Gauss.

El principal planteamiento lo podemos encontrar cuando consideramos la variación de un proceso, con una fluctuación entre más 6 sigma y menos 6 sigma del valor promedio, la probabilidad de que se salga del valor especificado es de 3.4 partes por millón.

**Figura 4. Campana de Gauss**



Fuente: Grupo Rotoplas

El valor de Seis Sigma sirve como parámetro de comparación común entre compañías iguales o diferentes e inclusive entre los mismos departamentos de una empresa, tan diferentes como compras, cuentas por cobrar, mantenimiento, ingeniería, producción, recursos humanos etc.

En general, es una filosofía que busca obtener mejores resultados (productos, servicios), por medio de procesos robustos que permitan reducir los defectos y los errores. Se podría considerar como una metodología (lógica y/o disciplinada) de pasos, por medio de herramientas probadas para la solución de problemas

### **Por qué necesitamos Seis-Sigma?**

El concepto Seis Sigma ayuda a conocer y comprender los procesos, de tal manera que puedan ser modificados al punto de reducir el desperdicio generado en ellos. Esto se verá reflejado en la reducción de los costos de hacer las cosas, a la vez que permite asegurar que el precio de los productos o servicios sean competitivos, no mediante la reducción de ganancias o reducción de los costos de hacer bien las cosas, sino de la eliminación de los costos asociados con los errores o desperdicios.

#### **1.5.1 Antecedentes**

A principios de los años ochentas, las empresas aun median su calidad en porcentajes, por lo general el número de defectos detectados en cien piezas. Sin embargo, en muchas industrias el nivel de defectos había mejorado tanto como para permitir contabilizarlo ya no en porcentajes, sino en defectos por millos.

En 1985, el Dr. Mikel Harry, ingeniero y estadístico en la división de electrónica del gobierno de Motorola Inc., en Phoenix Arizona, publicó un artículo en el que describía la relación entre la fiabilidad de un producto y el nivel de reparación que tenía ese producto durante su proceso de fabricación.

Por eso, junto con otros ingenieros de Motorola, diseñó una iniciativa de calidad, basada en eliminar las causas de los problemas antes que fuese necesario identificar y reparar los defectos, mediante el uso de métodos estadísticos.

Curiosamente, fue la división de comunicaciones de Motorola, dirigida por G. Fisher, la que lanzó un programa de calidad total con el nombre Six Sigma (Seis Sigma).

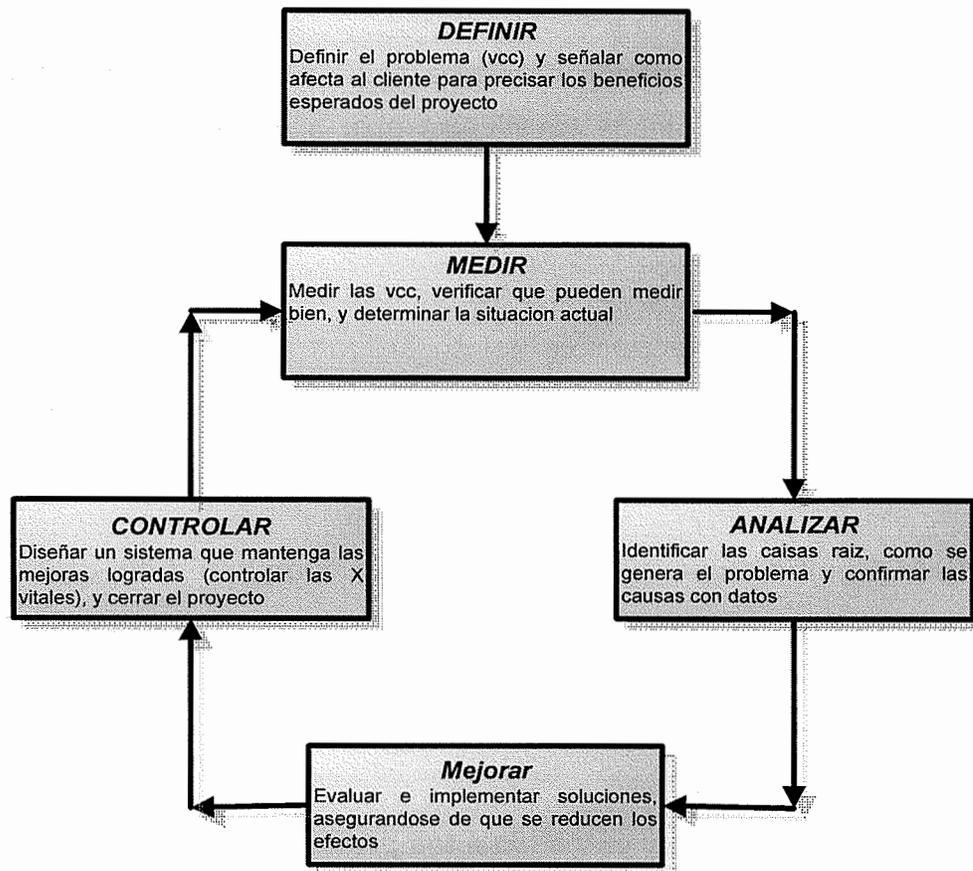
Los resultados para Motorola hoy en día son los siguientes: Incremento de la productividad de un 12.3 % anual; reducción de los costos de no calidad por encima de un 84.0 %; eliminación del 99.7 % de los defectos en sus procesos; ahorros en costos de manufactura sobre los Once Billones de dólares y un crecimiento anual del 17.0 % compuesto sobre ganancias, ingresos y valor de sus acciones.

El costo en entrenamiento de una persona en Seis Sigma se compensa ampliamente con los beneficios obtenidos a futuro. Motorola asegura haber ahorrado 17 mil millones de dólares desde su implementación, por lo que muchas otras empresas han decidido adoptar este método.

### 1.5.2 Características

- a) **Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.** Seis Sigma es una estrategia que va desde los niveles más altos de la Dirección de la organización hacia todos los niveles inferiores. Empezando por el máximo líder de la organización, el líder ejecutivo de la iniciativa y seguidos por los campeones o líderes locales. De esta manera, si estos líderes de la organización no encabezan Seis Sigma de manera entusiasta y comprometida, esta estrategia probablemente se convertirá en un intento más de mejora.
  
- b) **Seis Sigma es una iniciativa de tiempo completo.** Seis Sigma no es una actividad marginal y complementaria, por el contrario, el liderazgo de seis sigma a nivel negocio y en proyectos recae, tradicionalmente, en Master Black Belts (Experto, cinturón negro).
  
- c) **Orientada al cliente y enfocada a los procesos.** Seis Sigma busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en calidad, tiempo y servicio), y que los niveles de desempeño de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma.
  
- d) **Seis Sigma se apoya en una metodología rigurosa.** Los datos por si solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesaria una metodología de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, DMAIC (Siglas en inglés de definir, medir, analizar, controlar y mejorar), en la figura siguiente se muestran estas etapas.

**Figura 5. Procedimiento DMAIC**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

### **1.5.3 Calidad Seis Sigma**

Tener esta calidad significa diseñar productos y procesos que logren que la variación de las características de calidad sean tan pequeñas que la campana de la distribución esté dos veces dentro de las especificaciones. En otras palabras, los límites dados por:

$$\mu \pm 6\sigma$$

Estén dentro o coincidan con las especificaciones, en este caso se tendría una tasa de defectos de 0.002 dpm, lo que en términos prácticos equivale a un proceso con cero defectos.

La filosofía **Seis Sigma** busca ofrecer mejores productos o servicios, de una manera cada vez más rápida y a más bajo costo, mediante la reducción de la variación de cualquiera de nuestros procesos. Aunque a muchas personas les ha costado entender, una de las grandes enseñanzas del Dr. Deming fue buscar el control de variación de los procesos lo cual es medido por medio de la desviación estándar. Decía el Dr Deming: “el enemigo de todo proceso es la variación, por lo que es ahí en donde debemos concentrar el esfuerzo hacia de la mejora continua”, pero sobre todo porque **“La variación es el enemigo de la satisfacción de nuestros clientes”**.

## 1.6 Proceso de Rotomoldeo

El Moldeo Rotacional o Rotomoldeo es el proceso de transformación primario empleado para producir cuerpos huecos, en el que un plástico en polvo o líquido dentro de un molde que gira en dos ejes biaxiales, se distribuye y adhiere en toda la superficie interna, posteriormente el molde se enfría para permitir la extracción de la pieza terminada.

En los últimos años, el Rotomoldeo o también llamado Moldeo Rotacional, ha llamado fuertemente la atención de la comunidad industrial debido a las cualidades que presenta.

Este proceso adquiere día a día un grado mayor de sofisticación de manera que actualmente es considerado entre los procedimientos de transformación con mayor madurez tecnológica debido a las innovaciones en equipo, materiales y técnicas de control que han sido incorporados.

Este proceso ofrece gran libertad de diseño pues es posible fabricar artículos sorprendentemente complejos con herramientas relativamente sencillos y de bajo costo que en ciertos casos resultaría imposible de moldear con otro procedimiento.

En la fabricación de ciertos cuerpos huecos con geometría rica en curvas complejas, pared uniforme, y “contrasalidas”, el rotomoldeo es una alternativa con menor costo frente al moldeo por Soplado, sin mencionar que debido a las bajas presiones empleadas en el Moldeo Rotacional se producen piezas con tensiones internas mínimas, presentando un buen comportamiento mecánico.

Los niveles productivos del Rotomoldeo pueden variar de algunas cuantas piezas, a cientos o miles de artículos, también es adecuado para la producción en baja escala con vista a la obtención de prototipos. Además, a causa de la libertad de diseño, este proceso sobresale entre las técnicas de alta velocidad y productividad.

Desde pequeñas piezas como partes de muñecas y pelotas, con los cuales hace años el Rotomoldeo se posiciono en el mercado, hasta artículos de alto desempeño físico o alta capacidad en volumen, el Moldeo Rotacional se presenta con varias ventajas frente a otros procedimientos de transformación para obtener cuerpos huecos tridimensionales.

El principio del Rotomoldeo es la impregnación de las paredes del molde con un plástico en estado líquido, como PVC-F (plastisol) o algún termoplástico fundido por el calor. Esta impregnación se realiza en todas las paredes del molde por medio de movimientos rotacionales en dos ejes. Esta acción se efectúa mientras el molde es calentado o enfriado.

El moldeo rotacional transforma materiales termoplásticos, los principales son: polietileno de alta densidad, polivinilo clorado en su presentación como plastisol y poliamida. Mientras el plastisol tiene una consistencia líquida, el PEAD (polietileno de alta densidad) y la poliamida se alimenta como polvos. De otra forma no podrían ser fundidos ni moldeados, ya que el calor para realizar esto se transmite al material por conducción, proceso optimizado al aumentar al área de contacto en un polvo; considerando, además, que en este estado el plástico puede “fluir” para tocar todas las paredes del molde según este gire.

El bajo costo permite emplear al rotomoldeo para producciones de baja escala, es decir, menores de 100 piezas, o bien, para fabricar económicamente factible prototipos, particularmente para el moldeo por soplado. Paralelamente, no resulta costosa la experimentación en diversos materiales, distribución en el calibre de pared o con el acabado de las piezas.

Otra consecuencia de no emplear altas presiones de moldeo es la obtención de un producto con tensiones internas mínimas, permitiendo que los artículos rotomoldeados demuestren mayor solidez a los esfuerzos mecánicos que sus similares soplados o inyectados.

En lo que concierne a las piezas que se pueden fabricar por rotomoldeo, estas son huecas, que dependiendo del diseño, pueden presentar costuras ni marcas por la expulsión del molde, es decir, son cuerpos sin señas causadas por el moldeo. Los espesores de pared de los artículos rotomoldeados en lo general permanecen constantes, llegando a ser como diez milímetros y mayores si el servicio que prestaran axial lo requiere; las paredes delgadas gemelas presentan excelentes propiedades de resistencia a la carga.

Es posible fabricar artículos tanto simétricos como asimétricos, en formas complejas y aun aquellas que presentan contrasalidas.

Este proceso ofrece gran flexibilidad en cuanto al tamaño del producto, siendo factible moldear desde pequeños bulbos, para lavado auditivo hasta tanques de almacenamiento de mas de 15000 litros; estando mejor adaptados para moldes medios y grandes. Las roscas, orificios e insertos metálicos se realizan en el proceso mismo fácilmente (dependiendo del diseño), eliminando costos por operaciones secundarias necesarias en otros procesos de transformación. Por último, existen bajos niveles por desperdicio ya que este proceso no requiere el uso de coladas, ni bebederos. El material excedente o no deseado es poco en comparación con otros procesos para fabricar cuerpos huecos.

## **Sectores de aplicación**

### **➤ Contenedores**

Para la fabricación de contenedores y sistemas de embalaje el rotomoldeo destaca como el proceso con mayor potencial debido a la posibilidad de fabricar piezas de gran tamaño y diseño complicado.

**Algunas ventajas son:**

- Fabricación del producto en una sola pieza, hueca en su interior sin necesidad de soldaduras.
- Uniformidad en el espesor de las paredes comparado con el soplado y termoconformado.
- Materiales muy resistentes que mantienen sus propiedades físicas y químicas largo tiempo, con gran resistencia a los agentes químicos, a la corrosión y rayos UV (ultravioleta).
- Fabricación de piezas desde 200 mm hasta 4000 mm de diámetro.
- Bajo coste en moldes y utillaje con respecto a otros procesos.

➤ **Construcción y agua**

Dentro del sector de la construcción y el agua el rotomoldeo aporta la posibilidad de fabricar piezas de gran tamaño, con materiales muy resistentes a los rayos UV (Ultravioleta), a la corrosión y con una gran resistencia a los agentes químicos.

Algunos ejemplos de productos fabricados son:

- Depósitos, fosas sépticas, arquetas, tuberías con formas complicadas, separadores de vías, balizas, cubetas, cisternas, depósitos.

**Ventajas del rotomoldeo**

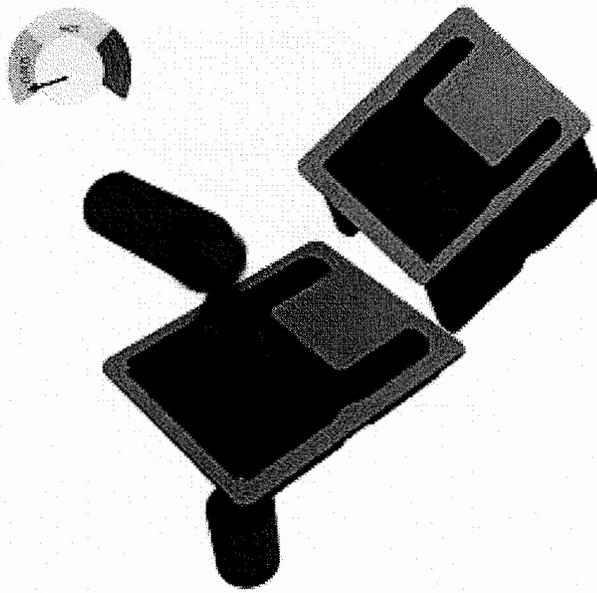
- Bajo coste en utillajes.
- Flexibilidad en el diseño
- Se adapta tanto a pequeñas como a grandes producciones. Pueden fabricarse piezas de distinto color y tamaño en un mismo ciclo.

- Increíblemente versátil para obtener piezas huecas (parcial o completamente cerradas sin ningún tipo de soldaduras).
- Posibilidad de integrar funciones. (insertos roscado, armaduras, bisagras, tubos, casquillos etc.)
- La única limitación en el tamaño de las piezas a fabricar es el tamaño de la máquina.( Fabricación de piezas desde 200 mm hasta 4000 mm de diámetro)
- Gran variedad de colores y acabados. mantienen sus propiedades físicas y químicas largo tiempo, con gran resistencia a los agentes químicos, a la corrosión, rayos UV (ultravioleta) y a la rotura por fatiga.
- Gran resistencia
- Materiales reciclables.
- Rango de espesores entre 2mm y 20mm (sin tener que modificar el molde).
- Las piezas no tienen esfuerzos residuales ya que el material no se ha sometido a presión durante el proceso de transformación.

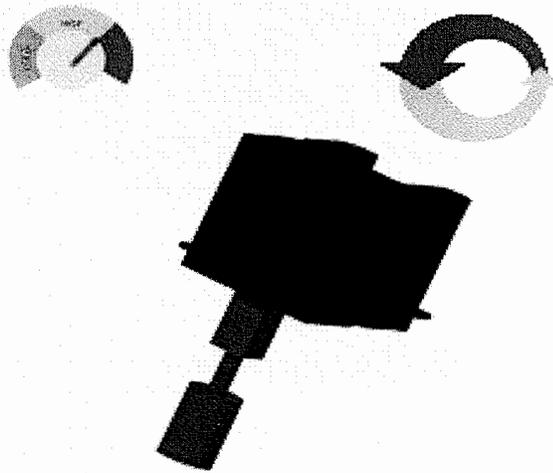
### **Proceso del rotomoldeo**

El moldeo rotacional es una técnica de transformación de plástico con un proceso de 4 etapas que comprende carga **(A)**, calentamiento **(B)**, enfriamiento **(C)** y descarga del molde **(D)**. Consiste en aportar calor a un molde con material plástico en su interior mientras se le mantiene girando dentro de un horno. El material plástico, en contacto con las paredes del molde, va aumentando su temperatura hasta que se funde y se pega a las paredes del mismo, momento en el cual se procede a su enfriado y posterior des-moldeo de la pieza. El proceso se muestra en la figura 6.

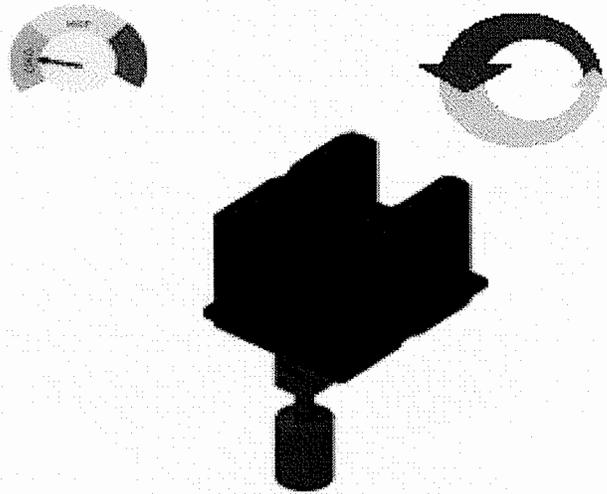
Figura 6. Ejemplo de rotomoldeo.



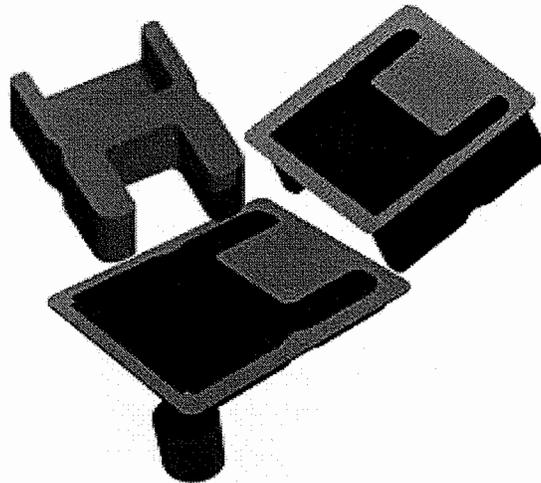
**A - Carga**



**C - Enfriamiento**



**B - Calentamiento**



**D - Desmoldeo**

Fuente: Grupo Rotoplas

## 2. ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA

### 2.1 Cálculo del nivel sigma actual

El cálculo del nivel sigma con que la empresa se desempeña actualmente se calculará en base al segundo semestre de producción del año 2008, información que se presenta a continuación. La cual hace referencia al rechazo interno debido a que es nuestra prioridad en el presente informe.

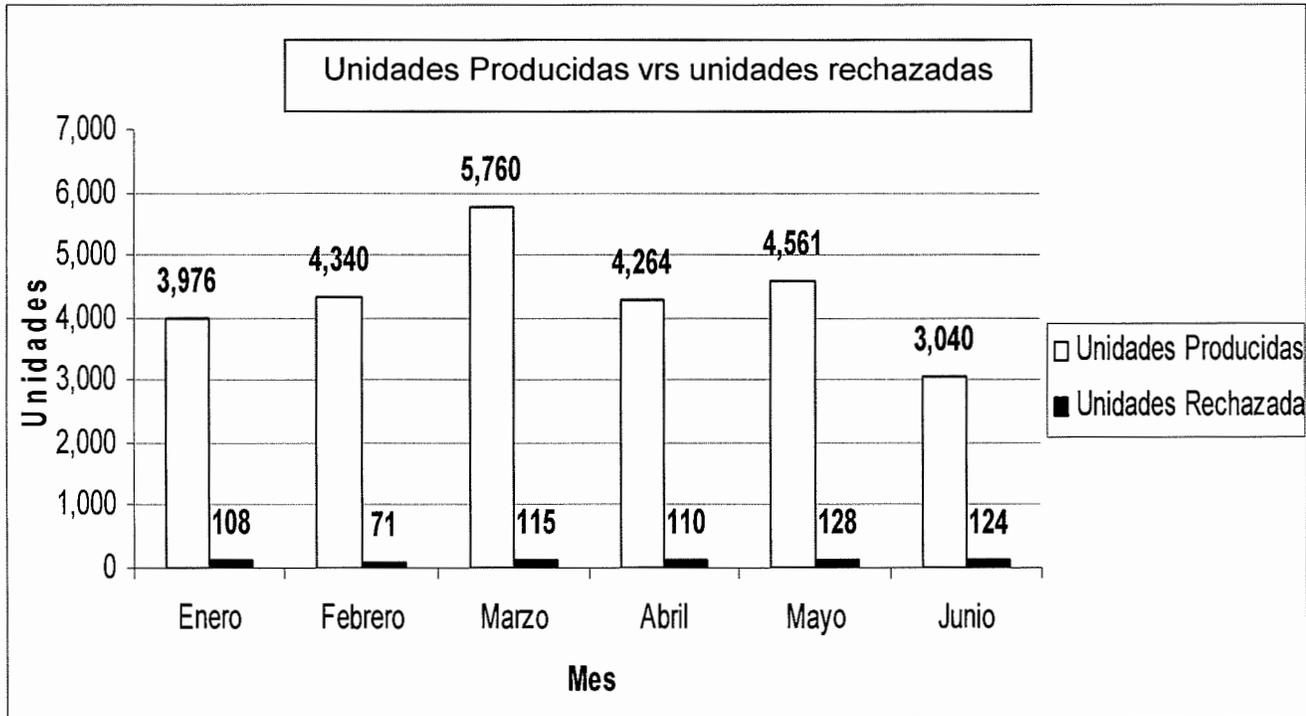
En la tabla I, se muestran las unidades producidas y las unidades rechazadas mensualmente, esto, con el fin de hacer una comparación y comprobar que se trabaje bajo los estándares de calidad de la empresa.

**Tabla I. Rechazo interno**

<b>RECHAZO INTERNO 2do SEMESTRE 2008</b>		
<b>Mes</b>	<b>Unidades Producidas</b>	<b>Unidades Rechazada</b>
Julio	3,976	108
Agosto	4,340	71
Septiembre	5,760	115
Octubre	4,264	110
Noviembre	4,561	128
Diciembre	3,040	124
<b>TOTAL</b>	<b>25,941</b>	<b>656</b>

**Fuente: Grupo Rotoplas**

**Figura 7. Comparativo unidades producidas, vrs. unidades rechazadas**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

En la figura 7, se muestra el comparativo de las unidades producidas vrs. las unidades rechazadas. Y a continuación se realizan los cálculos para la obtención del nivel sigma real.

Porcentaje de rechazo interno = Unidades Rechazadas / Unidades producidas

Porcentaje de rechazo interno = 656 Unidades / 25,941 Unidades

Porcentaje de rechazo interno =  $0.0253 * 100 = 2.53 \%$

El resultado anterior nos muestra que el 2.53 % de las unidades producidas han sido defectuosas y por lo tanto rechazadas, en este caso no han llegado al cliente debido a que se esta analizando el rechazo interno, y el 97.57 % de las unidades han sido aprobadas lo cual nos muestra el rendimiento a largo plazo de la empresa. Partiendo de estos datos, procedemos a calcular el nivel sigma con que opera la empresa actualmente. Ver tabla II.

**Tabla II. Conversión de un proceso al sistema 6σ**

<b>TABLA DE CONVERSIÓN DE UN PROCESO AL SISTEMA 6σ</b>		
<b>Rendimiento a largo Plazo</b>	<b>Proceso Sigma (σ)</b>	<b>Defectos por Millón (dpm)</b>
99,999,666	6	3.4
99,98	5	233
99,4	4	6,210
93,3	3	66,807
84,1	2.5	158,655
69,1	2	308,538
50,0	1.5	500,000
46,0	1.4	539,828
42,1	1.3	579,260
38,2	1.2	617,911
34,5	1.1	655,422
30,9	1	691,462
15,9	0.5	841,345
6,7	0	933,193

**Fuente: Grupo Rotoplas**

Debido a que el rendimiento de la empresa es de 97.57 % respecto a conformidad, se debe realizar una doble interpolación, la primera para definir el nivel sigma actual, y luego para definir exactamente el número de defectos por millo. Interpolamos entre 3 y 4  $\sigma$ .

A continuación, en la tabla III se muestra los datos para interpolar, partiendo del rendimiento a largo plazo para calcular el nivel sigma.

**Tabla III. Interpolación**

Rendimiento a Lp	Nivel Sigma
99.4	4
97.57	x
93.3	3

Fuente: Grupo Rotoplas

$$\frac{99.4 - 97.57}{99.4 - 93.3} = \frac{4 - x}{4 - 3} = 3.7\sigma$$

**Nivel Sigma = 3.7  $\sigma$**

Los datos anteriores muestran el nivel sigma con que opera la empresa actualmente, partiendo de esta información, calcularemos el número de defectos por millos que corresponde al nivel 3.7 sigma.

Con el resultado del nivel sigma, encontrado en la tabla IV, de interpolación, se crea la tabla IV, con la cual encontraremos las unidades defectuosas, por unidades producidas.

**Tabla IV. Interpolación defectos por millón**

<b>Nivel Sigma</b>	<b>Defectos por millón</b>
<b>4</b>	<b>6,210</b>
<b>3.7</b>	<b>x</b>
<b>3</b>	<b>66,807</b>

**Fuente: Grupo Rotoplas**

$$\frac{4 - 3.7}{4 - 3} = \frac{6,210 - x}{6210 - 66807} = 11,969 \text{ unidades}$$

Dpm = 11, 969 Unidades defectuosas por cada millón Producidas

### **2.1.1 Costos que representa el nivel sigma actual**

De acuerdo a la teoría Seis Sigma los costos de no calidad aumentan a medida que baja el nivel sigma.

Por ejemplo, si la empresa trabaja bajo un nivel de 3 sigma, significa que del 22 al 32 por ciento del volumen de ventas, representan costos de la no calidad. Por lo que el costo que se paga por la no calidad es bastante alto.

Para obtener el costo exacto que representa el nivel sigma actual debemos interpolar de la siguiente tabla.

**Tabla V. Porcentaje de costo de la no calidad**

<b>Porcentaje del costo de la no calidad respecto al volumen de ventas</b>	<b>Nivel de Sigma alcanzado por la empresa</b>
Del 30 al 40 %	Nivel 2 Sigma
Del 22 al 32 %	Nivel 3 Sigma
Del 15 al 20 %	Nivel 4 Sigma
Del 12 al 16 %	Nivel 5 Sigma
Del 3 al 8 %	Nivel 6 Sigma

**Fuente: Grupo Rotoplas**

Costo que representa el nivel sigma actual

$$\frac{27\% - x\%}{27\% - 17.5\%} = \frac{3\sigma - 3.7\sigma}{3\sigma - 4\sigma}$$

Costo que representa el nivel sigma actual sobre el total de ventas = **20.35 %**

El resultado anterior indica que el 20.35 % del total de las ventas representan a los costos de la no calidad, traduciendo esta información en cifras sería:

Costos de la no calidad = Q. 1, 115,285.00 \* 0.2035

Costos de la no calidad = Q. 226,960.50 (Correspondiente al 2do semestre de 2008)

Lo anterior significa que Grupo Rotoplas, pierde un total de Q 226,960.50 por cada semestre, debido a la inestabilidad del proceso productivo, provocado por la no calidad.

## **2.2 Evaluación de los costos de la no calidad**

La evaluación de los costos de la no calidad es uno de los puntos fundamentales de la filosofía Seis Sigma, debido a que estos se incrementan cuando se incrementa la variabilidad en los procesos. No se debe pretender solamente que el resultado medio de los productos se aproxime lo máximo posible al objetivo, sino que se debe perseguir con firmeza todos aquellos factores que puedan generar un mínimo de dispersión en los resultados.

La utilización de métodos poco elaborados, el insuficiente tiempo de preparación de los operarios y la falta de criterio de los límites de aceptación suelen ser causas muy habituales en la generación de variabilidad de los procesos.

En la empresa Rotoplas, los costos provocados de la no calidad, son aquellos en su mayoría representados por el factor humano y esto debido a la mala capacitación de los mismos.

Otro factor importante que provoca una no calidad en la empresa es el nivel de calor aplicado al molde, ya que este provoca inestabilidad en el proceso y por lo mismo, unidades defectuosas.

El costo de la no calidad se forma por cuatro segmentos dentro de la empresa:

- Costos de las fallas internas
- Costos de las fallas externas
- Costos de evaluación
- Costos de prevención

#### **Costos de las fallas internas:**

Son todos los costos generados por productos, componentes y materiales que no cumplen las especificaciones de calidad, antes de la entrega de los mismos al cliente. La recolección de los costos se hace principalmente a través de los siguientes elementos:

- Desechos: Pérdida neta en mano de obra y materiales con defectos que no pueden ser utilizados ni reparados económicamente. Puede ser provocado por el nivel de calor en el proceso de rotomoldeo.
- Retrabajos. Costos de corregir defectos a fin de hacer los productos aptos para el uso. Provocado muchas veces por el factor humano, por ejemplo a la hora de descargar el producto, verter las resinas, etc.
- Doble ensayo. Costo de la segunda inspección o ensayo de los productos que han tenido que ser reelaborados o reparados.

- Tiempo de paradas. Costo de las instalaciones paradas a consecuencia de defectos (por ejemplo: máquinas impresoras rotativas paradas debido a atascos de papel).
- Pérdidas de rendimiento. Costos por rendimientos bajos en procesos que podrían estar más altos mejorando los controles.
- Gastos de disposición. Esfuerzo requerido para determinar si los productos no conformes son utilizables y decidir su disposición final.

Todos estos costos han provocado que la empresa no cumpla al 100% con las metas de producción.

#### **Costos por fallas externas:**

Son los costos generados por productos que no cumplen las especificaciones de calidad, incurridos después de su entrega al cliente.

- Atención de reclamos: Todos los costos de investigación y atención de quejas justificadas atribuibles a productos defectuosos.
- Material devuelto. Todos los costos asociados a la recepción y sustitución de productos defectuosos devueltos a los proveedores.
- Gastos de garantía. Todos los costos implicados en el servicio a clientes de acuerdo con los contratos de garantía.

Estos costos son altos dentro de la empresa, a veces provocado porque las conexiones están mal instaladas y se dan cuenta hasta que el tinaco lo tiene el

consumidor final, entonces se gasta en servicio técnico, viáticos, si es fuera de la capital, etc.

Esto debe de evaluarse en la planta, por lo que el sistema de calidad no es sólido. Más adelante se propone un plan de calidad con un sistema de inspección, para reducir estos costos.

### **Costos de evaluación:**

Son los costos asociados a las actividades de control, evaluación o auditorías de productos, componentes o materiales comprados, con la finalidad de asegurar su conformidad a las especificaciones.

- Verificación de la recepción: Costo de determinar la calidad de los productos de los proveedores, ya sea por inspección a su recepción, o por inspección en origen u otros métodos de vigilancia. Por ejemplo, al recibir la resina se le hacen pruebas como granulometría y fluidez seca.
- Inspección y prueba: Costos de controlar la conformidad del producto a lo largo de todo su proceso de fabricación, incluyendo la aceptación final y el control de embalaje y expedición.
- Mantenimiento de la precisión del equipo de prueba: Incluye el costo operativo del sistema que mantiene calibrados los instrumentos y equipo de medición. Se tiene un plan de calibración para las pesas, basculas de llenado, etc.
- Materiales y servicios consumidos: Incluye el costo de los productos consumidos en las pruebas destructivas, materiales consumidos, cuando sean importantes. Por ejemplo, en las pruebas con nuevas resinas.

- Evaluación de existencias: Incluye los costos de probar productos almacenados, depósitos propios o contratados a fin de evaluar su posible degradación. Por ejemplo, con las etiquetas se hacen pruebas, sobre tinacos rechazados, para observar la vida útil de las mismas.

### **Costos de prevención:**

Son los costos asociados a las actividades de desarrollo, implementación y mantenimiento del sistema de la calidad, con la finalidad de asegurar la conformidad con las especificaciones de la calidad, al menor costo.

Básicamente son los costos incurridos para prevenir la ocurrencia de defectos en el futuro.

- Planificación de la calidad: se incluye aquí la amplia gama de actividades que forman colectivamente el plan general de calidad de la empresa, planes de inspecciones, de fiabilidad, el sistema de datos, manuales y procedimientos, etc.
- Revisión del diseño de nuevas resinas: Incluye la corrección de propuestas de ofertas, evaluación de nueva formulación, preparación de programas de prueba y experimentación, entre otras actividades de calidad asociadas con el lanzamiento de nuevas resinas.
- Adiestramiento: Costos de programas de adiestramiento para lograr y mejorar los niveles de calidad, no importa que departamento sea el que reciba el adiestramiento. Normalmente se detiene la producción con el objetivo de dar capacitación al personal operario.
- Control de proceso. Incluye aquella parte del control de procesos realizada para lograr la adecuación al uso. Si un máquina saca un producto rechazado, se detiene la máquina y se realiza un análisis de las posibles causas que provocan

las variaciones, luego ya corregidas las causas se procede al encendido de la máquina.

### **2.2.1 Calidad en la fuente, Seis Sigma en los proveedores**

La calidad en la fuente se refiere a la calidad de los componentes o materia prima que los clientes reciben de sus respectivos proveedores para la fabricación de un producto, añadiendo el criterio cuantitativo siguiente: cuando mas avancemos en el proceso de acercar la calidad a su fuente, menor será el costo adicional cargado a nuestro cliente. Se recomienda eliminar los filtros de entrada de cualquier proceso convirtiéndolos en filtros de salida del proceso anterior, y luego asegurarnos que los procesos generan la calidad suficiente que hacen innecesarios los filtros de salida.

Se define que cada vez que un problema de calidad pasa a una fase siguiente del proceso de producción, la perdida de beneficios que provocara se multiplica por diez. Se debe pues identificar claramente la propia fuente y realizar las actividades necesarias para que en ella se detecten y corrijan los defectos.

En el caso que compete a la empresa Rotoplas, todos los proveedores que suplen de accesorias y materias primas a la empresa están certificados por medio de normas internacionales, con lo cual nos garantizan la calidad en todos sus productos. Cuando se recibe materia prima, se realiza una inspección que consiste en revisar 3 de cada diez productos y si 2 de estos salen defectuosos se rechaza el lote y se realiza el reclamo correspondiente.

Debido al incremento de las ventas en los últimos años se pretende acceder a otros proveedores ya que los actuales no suplirían la demanda de materia prima necesaria para la producción, los cuales deben cumplir con estándares internacionales como ha sido habitual en la empresa.

## **2.2.2 La prevención de la no calidad**

La prevención de la no calidad, o la disminución de las causas de variación, es el objetivo principal que se pretende alcanzar, para ello es necesario que la empresa invierta en sistemas de prevención de errores, en campañas de motivación, en sistemas de trabajo en equipo. Se pueden detectar varias causas de variación, una de ellas es la falta de comunicación entre cambios de turno, lo cual afecta al operario, ya que este está desinformado de los cambios realizados al proceso durante el turno anterior, sucede con frecuencia que dichos cambios afecten su proceso e incrementan la variabilidad del mismo. Debido a esto se justifica que la empresa invierta en campañas de trabajo en equipo.

Otra causa de variación es la desconcentración del operario, este problema se da específicamente en el segundo turno, o turno nocturno, ya que este al observar la ausencia del gerente de producción se siente con mas libertad, lo cual le permite ausentarse de la máquina. También la falta de motivación es un factor importante que incrementa la variabilidad en el proceso, ya que los operarios no hacen el mínimo esfuerzo por lograr las metas de producción.

### **2.2.2.1 Principales causas de la no calidad o variación**

En el apartado anterior, se platicó de las principales causas de variación, a continuación se analizarán los principales efectos de estas causas.

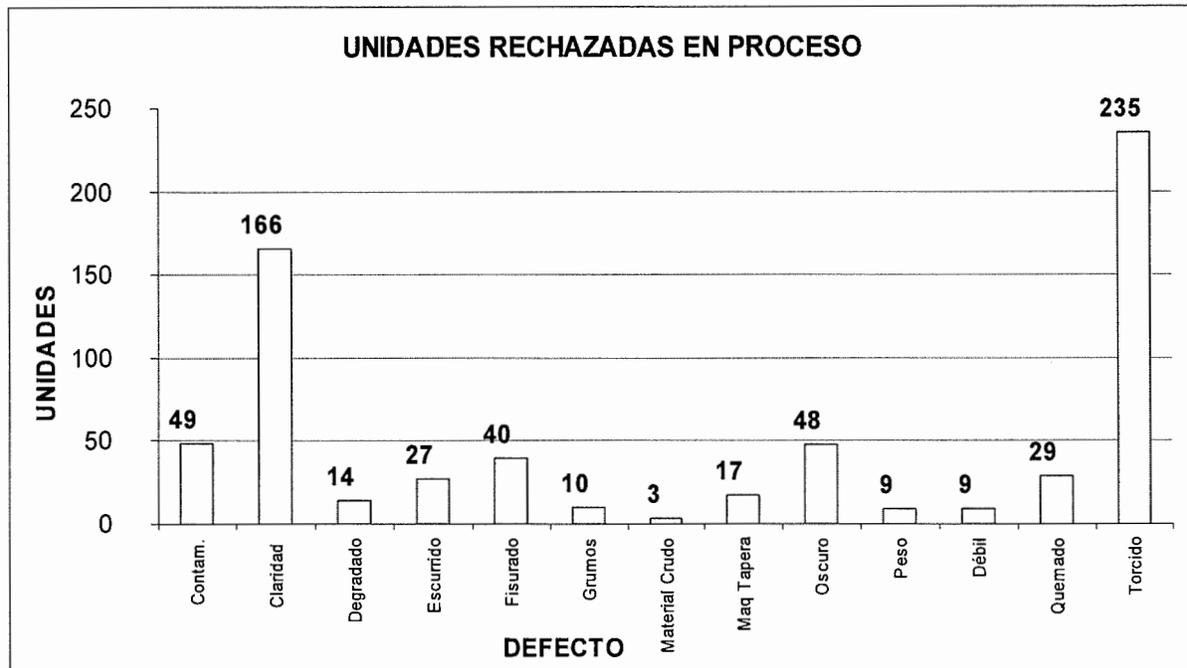
En la tabla siguiente se enlistan los principales defectos que ocasionan rechazo interno, y la gráfica nos da un panorama más amplio de la situación actual.

**Tabla VI. Unidades rechazadas en proceso.**

Mes	Unidades rechazadas por											TOTALES		
	Contaminado	Claridad	Degradado	Escurrido	Fisurado	Grumos	Material Crudo	Maq Tapera	Oscuro	Peso	Débil		Quemado	Torcido
Enero	3	34	0	0	4	3	0	8	10	2	0	9	35	108
Febrero	8	8	1	6	6	0	1	1	4	0	0	5	31	71
Marzo	8	41	0	2	12	1	0	0	4	0	2	1	44	115
Abril	9	19	3	3	5	3	1	2	7	2	2	4	50	110
Mayo	14	8	8	10	8	3	1	2	10	0	5	7	52	128
Junio	7	56	2	6	5	0	0	4	13	5	0	3	23	124
<b>Total.</b>	<b>49</b>	<b>166</b>	<b>14</b>	<b>27</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>48</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>29</b>	<b>235</b>	<b>656</b>

**Fuente: Grupo Rotoplas**

**Figura 8. Unidades rechazadas en proceso**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

En la figura 8, se muestran las unidades rechazadas por cada defecto, los cuales a continuación se detallan.

- Contaminado: cuando hay partículas extrañas en las resinas, como trozos de madera.
- Claridad: este defecto sucede por la falta de calor, o sea que el material negro no cubre la superficie total del molde y quedan espacios translucidos.
- Degradado. defecto ocasionado por el defecto del calor, lo que forma poros sobre la superficie exterior del tinaco.

- Ecurrido: defecto ocasionado por el exceso de calor, al contrario del anterior, este es provocado en el interior del tinaco.
- Fisurado: provocado por la falta de desmoldante sobre la superficie del molde, provocando que el tinaco se pegue al molde y al despegarlo, se fisura.
- Grumos: protuberancias en el interior del tinaco por exceso de calor o por partículas contaminantes.
- Material crudo: defecto por la falta de calor y la capa interior del tinaco queda cruda (en polvo).
- Máquina tapera: los 49 rechazos fueron provocados por el mal funcionamiento de dicha máquina, la cual coloca los arillos al tinaco, para enroscar la tapadera.
- Oscuro: defecto ocasionado por la falta de calor en el proceso, dicho defecto se da en el interior del tinaco, se caracteriza por unas franjas oscuras.
- Peso: defecto ocasionado, cuando el material pesado esta fuera de especificaciones de peso, ya sea en exceso de material o falta de este.
- Débil: defecto ocasionado por falta de peso.
- Quemado: defecto ocasionado por el exceso de calor en el proceso, se caracteriza por la aparición de franjas amarillas en el interior del tinaco.

- Torcido: este defecto puede ser ocasionado por dos factores, el primero es un exceso de calor en el proceso, y el segundo es un mal enfriamiento.

Más adelante se harán diagramas causa efecto de los principales defectos, con lo cual se pretende tener un panorama más amplio de las posibles causas de estos defectos, para luego dar las posibles soluciones al problema detectado.

### **2.2.3 ¿Cuáles son los costos de la no calidad?**

Se refiere a aquellos costos que están asociados a cualquier actividad que no haga las cosas bien desde la primera vez, son los costos ocasionados por productos defectuosos o rechazados debido a que no cumplen con las especificaciones de nuestros clientes. Dentro de la filosofía Seis Sigma estos costos pueden ser: costos por fallos internos, costos por fallos externos, costos de evaluación, costos de prevención y costos por pérdida de oportunidad.

#### **2.2.3.1 Costos por fallos internos**

Son todas aquellas no conformidades descubiertas antes de entregar el producto al cliente. Estas no conformidades pueden tener su origen en la ineficiencia del proceso.

En nuestro caso, el 90 % de los fallos internos son por causas de mala operación, debido al descuido de operarios, la falta de capacitación, desmotivación, etc.

Atacando estas causas podríamos eliminar en un 90 % los costos por fallos internos lo cual traería un incremento en las utilidades de la empresa, esto en unidades monetarias significaría Q. 204, 264.00 en un semestre.

En el proceso de rotomoldeo, se aplica un desmoldante, este se utiliza para que el tinaco no se pegue al molde y se pueda descargar fácilmente, pero un error en la aplicación de este desmoldante podría causar fallas en el producto final, ya que el exceso de desmoldante en el molde, significa que el molde retendrá más color y por lo tanto el tinaco se torcerá, debido a un choque terminado al momento del enfriamiento.

Como lo muestra el gráfico anterior el 36 % del rechazo interno es debido al torcido de la pieza.

Otro factor importante a considerar respecto a las causas del rechazo interno, sería el estado de las herramientas y maquinaria en general, ya sea por mala planificación en su utilización, mal mantenimiento o por ser destinadas a tareas no contempladas en sus especificaciones.

En general se deben considerar entre los costos por fallos internos, todas aquellas operaciones carentes de valor añadido. Además considerar todas aquellas operaciones que se podrían realizar de una forma más eficiente, evitando los movimientos innecesarios, los largos recorridos, evitar los sobre esfuerzos en trabajos manuales.

### **2.2.3.2 Costos por fallos externos**

Son todos aquellos costos que se generan cuando el producto ya fue entregado al cliente.

En nuestro caso el rechazo externo esta en 10 % sobre el total de rechazo, lo que significa que de un millón de unidades producidas, once mil novecientas cementa y nueve son defectuosas de esas unidades defectuosas mil ciento noventa y siete llegan al consumidor final. Dentro de estos costos los más representativos para la empresa son los costos de garantía, ya que el producto debe ser remplazado, incurriendo en grandes costos, debido a que el producto se encuentra instalado en comunidades muy remotas de difícil acceso.

Los costos sobre la investigación de quejas se refieren a que la empresa no sustituirá un producto supuestamente defectuoso, con daños de fabrica, sino antes tiene que realizar cierta investigación para determinar que efectivamente el producto salio defectuoso del proceso de producción, y demostrar que los defectos no son por mal manejo de parte del cliente, mala instalación o por no haber seguido al pie de la letra la guía de instalación del producto.

Consideramos estos costos por fallas externas de menor importancia en este momento ya que solo representa un 10 % de los costos asociados a la mala calidad lo cual en dinero significa Q. 22,696.00 en el primer semestre, del 2007. Nos interesa inmediatamente controlar los costos por fallas internas los que representas costos muy significativos para la empresa.

### **2.2.3.3 Costos de Evaluación**

Estos costos se refieren a la confirmación del grado de calidad del producto, podemos mencionar los costos de evaluación de proveedores, los cuales para la impresa no significan costos asociados ya que la empresa fabrica su propia materia prima y accesorios en su planta matriz en la ciudad de México.

#### 2.2.3.4 Costos de prevención

Se trata de los costos orientados a minimizar tanto los costos de fallos internos como externos, así como los costos de evaluación.

- ❖ Los costos de investigación de mercado, encuestas de percepción de servicio y también de producto por parte de los clientes potenciales.
- ❖ Las operaciones de validación de procesos, los controles estadísticos de procesos, aquellas inspecciones y comprobaciones más enfocadas al control de la calidad del proceso y no a la del producto. Para dicha actividad el se ha creado una plaza nueva, la cual se llama Auditor Interno de calidad, la cual tiene la función de monitorear constantemente el proceso y velar por la estabilidad de este, por medio de auditorías al proceso.
- ❖ Los planes de calidad de la empresa, incluyendo sus correspondientes auditorías, tanto internas como externas.
- ❖ Todos los costos asociados a las campañas de mejora de la calidad, como lo es el proyecto Seis Sigma, 5`s, los cuales suelen ir relacionados con costos de formación, en nuestro caso dichos costos no serán pagados a consultoría externa, ya que contamos con expertos en la materia para que dichas personas capaciten al personal.

### **2.2.3.5 Costos por pérdida de oportunidad**

Estos costos se caracterizan por que son el tipo de pérdida que es más difícil de valorar de forma objetiva.

El proceso de introducción de un nuevo producto es un buen ejemplo de este tipo de costos ya que si este se retrasa nuestro competidor entra antes al mercado. Sin duda alguna, se perderá algún cliente pues este comprara el modelo disponible. En el caso contrario, el modelo entrara a su debido tiempo al mercado y tendrá gran aceptación por parte del cliente.

En forma general, los costos por la pérdida de oportunidad (Q. 226,960.50, como se muestra en la siguiente página), están relacionados con una mala planificación de calidad o incidencias de mala productividad no nos permiten satisfacer toda la demanda del mercado.

### **2.2.4 Control por objetivos de los costos de la no calidad**

El establecimiento de objetivos, es imprescindible para cualquier actividad de mejora. En nuestro caso particular, el objetivo establecido es conseguir un nivel sigma mayor o igual a 5 en un plazo de año.

La siguiente tabla presenta la relación que existe entre los costos de la no calidad respecto al volumen de ventas y el nivel sigma.

**Tabla VII. Relación entre los costos de no calidad**

Porcentaje del costo de la no calidad respecto al volumen de ventas	Nivel de sigma alcanzado por la empresa
Del 30 al 40 %	Nivel Sigma 2
Del 22 al 32 %	Nivel Sigma 3
Del 15 al 20 %	Nivel Sigma 4
Del 12 al 16 %	Nivel Sigma 5
Del 3 al 8 %	Nivel Sigma 6

**Fuente: Grupo Rotoplas**

Como mencionamos anteriormente, la empresa trabaja actualmente bajo un nivel de 3.7 sigma, lo cual significan 11, 969 unidades rechazadas por cada millón producidas, lo cual tiene un costo de pérdida de oportunidad de Q. 226,960.50. Con el objetivo de disminuir dichos costos se pretende elevar este nivel sigma a 5 en un plazo de 1 año. Lo cual significan 233 unidades rechazadas por cada millón producidas y una disminución en los costos por mala calidad de Q. 98,500.00 respecto al nivel sigma actual.

Los indicadores o variables a controlar para alcanzar los objetivos establecidos, se analizaran en la sección 3.1.1.1.1 definición de variables críticas.

### **3. PROPUESTA DE MEJORA AL PROCESO DE PRODUCCION MEDIANTE SEIS SIGMA.**

#### **3.1 Herramientas de mejora de procesos**

Básicamente, el propósito de implementar Seis Sigma es reducir la variabilidad en el proceso de producción, este proceso crítico, y el que nos causa altos niveles de rechazo interno.

Para lo cual utilizaremos inicialmente el procedimiento MAIC (siglas en inglés que significan: medir, analizar, mejorar y controlar), se decidió por este procedimiento dado que las principales causas de variación o de rechazo interno son de origen operacional, dado que los operarios se descuidada mucho de sus labores, están faltos de motivación, etc. Además las variables que se analizaran son incuantificables dado que son atributos, tales como torcido de producto, contaminado, traslúcidas a demás analizaremos la capacidad del proceso.

La idea es involucrar al operario en estas actividades para motivarlo de esta forma, haciéndolo parte importante del proceso, se formaran grupos de champion (campeón), Master black belt (cinta negra profesional), black belt (cinta negra) y green belt (cinta verde), los cuales se capacitaran adecuadamente, y los cuales se elegirán de acuerdo a su nivel de estudios, actitud, experiencia, etc.

### **3.1.1 Maic (medir, analizar, mejorar, controlar)**

#### **MEDIANTE SEIS SIGMA**

La abreviatura “MAIC” proviene de la terminología inglesa, measure, analyze, improve, check, que es la forma de definir la metodología Seis Sigma y en castellano equivale a “medir, analizar, mejorar y controlar”.

#### **3.1.1.1 Medir**

Esta primera fase consiste en identificar el proceso crítico, el cual afecta directamente el nivel de rechazo interno, se seleccionará el diagrama del proceso, se establecerán las variables críticas, como: materia prima, calor, desmoldante, aire y agua, esto con el fin de determinar las variables que afectan a nuestro cliente interno y por último se analizará la capacidad del proceso.

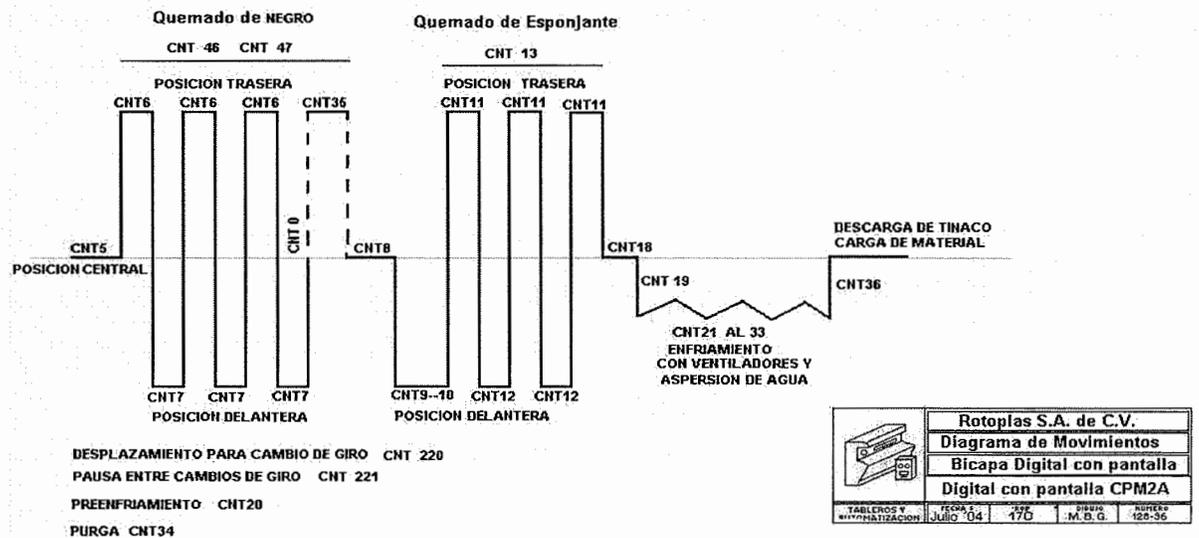
##### **3.1.1.1.1 Selección del proceso crítico**

Definiremos el proceso crítico, como aquel que nos causa el mayor rechazo interno. Debido a que es el problema que queremos atacar, mediante la implementación de Seis Sigma.

De acuerdo con lo anterior, nuestro proceso crítico es, el proceso de rotomoldeo, ya descrito en el numeral 1.6.

### 3.1.1.1.2 Creación del diagrama del proceso

Figura 9. Creación del diagrama del proceso



Fuente: Grupo Rotoplas

El diagrama general del proceso fue brevemente descrito en el numeral 1.2.4, el cual será ampliamente descrito continuación.

El proceso de rotomoldeo es controlado por una consola que mediante la programación de un PLC (siglas en inglés que significan: control lógico programado), da órdenes a los moldeos, para que estos hagan los movimientos adecuados en tiempo y espacio, desde la carga de la resina hasta la descarga del producto terminado.

El proceso inicia cuando el operario carga la resina en el molde, y en este momento ya esta lista la máquina para iniciar el proceso de rotomoldeo, luego de este momento todo es controlado por la consola.

Primero el molde inicia con una posición central, durante 90 segundos, a este primer movimiento se le llama precalentamiento, cuyo objetivo es llevar al molde a una temperatura de 190°, que es la temperatura a la cual se funde el polietileno.

Luego la consola dirige los moldes a una posición trasera a un ángulo de 53°, durante 8 segundos, esto para cubrir el fondo del molde, pasado este movimiento la consola dirige los moldes a una posición delantera durante 10 segundos a un ángulo de 43°, esto para dar forma a la boca del tinaco. Dichos movimientos son repetidos durante 6 veces a lo cual técnicamente se le llama número de basculaciones, en el primer material, esto da color y forma al exterior negro del tinaco.

Luego de cocido de la primera capa, se le agrega la segunda capa, que el lo que da su color interior, que es un compuesto, polietileno de baja densidad, son un adictivo antibacteriano, lo cual no permite la gestación de algas. Para esta segunda capa los movimientos son idénticos a los descritos en la primera capa, en ángulo y tiempo. Luego del cosido de ambas capas de resina, el tinaco ya esta listo para pasar a su fase de enfriamiento,

Iniciando con un primer ciclo el cual es el ciclo del aire, el cual se agrega mediante unos ventiladores controlados por la consola, el tiempo de aire ideal es de 350 segundos, esto para evitar un choque térmico y evitar con esto la torcedura el tinaco, luego llega una segundo ciclo de agua cuando mediante el aire el tinaco descendió a una temperatura de 125°, el agua le aplica hasta

bajar la temperatura a 55 ° que es la temperatura adecuada para descargar el tinaco.

### 3.1.1.1.3 Definir variables críticas

Las variables críticas del proceso productivo de rotomoldeo son, materia prima, calor, desmoldante, aire y agua. Las cuales se describirán continuación

- a) **Materia Prima**, nuestros proveedores son mexicanos, certificados con la norma ISO 9000, por lo cual las resinas recibidas en Rotoplas Guatemala, están debidamente certificadas, a las cuales se les hacen estudios mínimos, como granulometría y fluidez seca, como medida de prevención, y una inspección visual para identificar partículas contaminantes.

Uno de los defectos analizados en Tabla I, es debido a la materia prima, esto debido al mal transporte, este defecto ocasiona el 0.19% de rechazo interno, esto significa que de 25,941 piezas producidas durante el segundo semestre de 2008 19 piezas fueron rechazadas por contaminado.

- b) **Calor**, debido a que el proceso de rotomoldeo es un proceso a flama abierta, el calor entra en el procesó en forma de flama, además debido a que es una variable incuantificable, es muy difícil de controlar y es la variable que nos causa el mayor índice de rechazo interno.

El exceso o falta de calor en proceso, produce defectos como escurrido, grupos, material crudo, oscuro, torcido, quemado, débil, degradado y claridad, graficados en la Tabla I.

Esto significa que el rechazo interno producido por el calor, ya sea en exceso o por falta de este, nos causa el 2.09% de rechazo, esto significa que de 25,941 piezas producidas durante el 2do semestre de 2008 541 piezas fueron rechazadas por causa de calos.

- c) **Desmoldante**, El desmoldante es una mezcla entre silicón líquido y agua, y su función es evitar que los tinacos se adhieran al molde, es la segunda causante de rechazo interno, debido a que los operarios no tienen una capacitación adecuada de su aplicación, este se debe de aplicar únicamente al área que se a pegado el tinaco al molde, el exceso de desmoldante en el molde causa torcido en el tinaco, ya que este forma una capa sobre la superficie metálica del molde lo cual permite que se retenga calor y al momento de enfriamiento esta parte el molde no ha descendido a la temperatura ideal para su enfriamiento lo cual causa un choque térmico.
  
- d) **Aire**, El aire forma parte del ciclo de enfriamiento, este se programa en la consola, el cual es aplicado por ventiladores, el error cometido frecuentemente en el momento de su programación es que no se le da el tiempo necesario de aire, lo cual permite que el agua se agregue muy rápido al molde, el cual causa un choque térmico provocando torcedura en el tinaco.

Al ser controladas perfectamente las variables descritas anteriormente, se podría reducir el índice de rechazo interno de manera significativa, lo cual es el objetivo principal de la implementación de dicho proyecto.

### 3.1.1.1.4 Cálculo de la capacidad del proceso

La capacidad de un proceso se refiere a la capacidad que este tiene para producir productos dentro de los límites de especificaciones de calidad.

### 3.1.1.2 Analizar

De acuerdo a las variables críticas, definidas en el numeral 3.1.1.1.3 (Definir las variables críticas), y según el siguiente gráfico, podemos observar que, el 85% del rechazo interno es provocado por únicamente dos variables críticas de entrada analizadas anteriormente, y estas son, Calor y Enfriamiento. Como se observa a continuación.

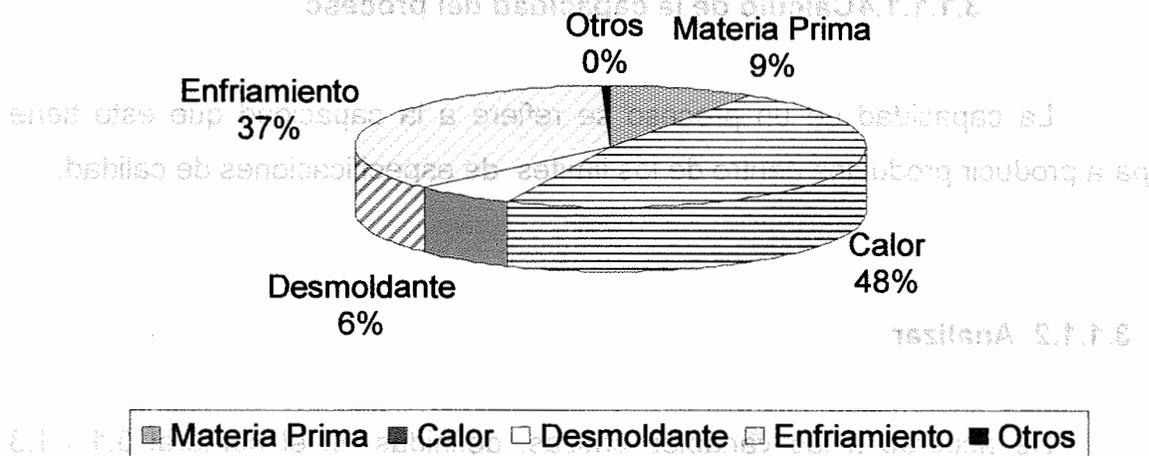
**Tabla VIII. Porcentajes por rechazos**

VARIABLE CRITICA DE ENTRADA	PORCENTAJE DE RECHAZO PROVOCADO POR DICHA VARIABLE
<b>Materia Prima</b>	9.03%
<b>Calor</b>	47.66%
<b>Desmoldante</b>	6.23%
<b>Enfriamiento</b>	36.60%
<b>Otros</b>	0.47%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fuente: Grupo Rotoplas

**Figura 10. Porcentaje de rechazo provocado por variables de entrada**

**PORCENTAJE DE RECHAZO PROVOCADO POR VARIABLES DE ENTRADA**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

**3.1.1.2.1 Elegir entre las variables críticas**

Las variables críticas elegidas para su estudio son, calor y enfriamiento, esto debido a que dichas variables causan el 85% del rechazo interno, producido en planta.

Mediante el estudio, de dichas variable y analizar su causa raíz, se pretende disminuir el rechazo interno de 2.47 % a 0.40 %, en un plazo de 6 meses.

### 3.1.1.2.2 Estudiar el resultado de las variables

Los resultados de las variables críticas obtenidos en el numeral anterior, nos muestran claramente las dos fuentes principales de variación en el proceso, haciendo un análisis mas profundo de dichas variables desglosaremos todos los factores que pudieran estar induciendo dichos resultados.

#### **Calor.**

El calor es la fuente de energía que alimenta el proceso, el cual debe de ser perfectamente controlado, ya que un exceso o falta de calor en proceso produce defectos tales como:

➤ **producto oscuro**, este defecto se da debido a la falta de calor durante el proceso de rotomoldeo, la segunda capa de material, no recibe el suficiente calor y queda oscuro del interior, la solución a dicho defecto es

incrementar la presión de gas en el proceso, este defecto solo se da en la segunda capa de resina, en el interior blanco del tinaco.

➤ **Material crudo**, este defecto sucede en cualquiera de las tres capas de resina que lleva el tinaco, y es debido a la falta de calor durante el proceso, la solución de dicho problema sería: incrementar la presión de gas o incrementar el tiempo de ciclo de cocido.

➤ **Grumos**, los grumos son protuberancias que se le forman a los tinacos en el interior, en la segunda capa de material y son causados por el exceso de calor durante el proceso, la solución a dicho problema es bajar la intensidad de la flama del quemador, o bien disminuir la presión de gas, de dicha máquina.

➤ **Torcido**, el torcido es un defecto que puede ser ocasionado por dos factores, el exceso de calor o el enfriamiento, cuando es por exceso de calor, su solución sería disminuir la intensidad de la flama, y cuando el torcido es por mal enfriamiento, la solución es incrementar el tiempo de enfriamiento con aire, para que cuando se le agregue agua la pieza ya haya descendido a la temperatura ideal, con esto evitar un choque térmico.

➤ **Claridad**, la claridad es un defecto ocasionado por la falta de calor, pero este se da solo en la primera capa de resina, en el exterior, ocurre cuando el calor no es suficiente y quedan áreas sin recubrir por esta primera capa negra, y así se continua el proceso, y cuando ya se descarga la pieza terminada se ve transparente esa área. La solución a este problema sería incrementar la cantidad de calor, mediante el incremento de la presión de gas, o incrementar la intensidad de la flama,

➤ **Producto débil**, este defecto es ocasionado por dos factores, uno puede ser que la pieza no tiene el peso especificado, y la otra opción es que la flama no es suficientemente intensa es esa parte débil y no logra recubrirse con suficiente material esa área.

➤ **Producto degradado**, este defecto es ocasionado por el exceso de calor en la primera capa, ósea en el exterior negro, y se caracteriza por tener una serie de poros muy visibles, los cuales son ocasionados por el exceso de calor, la solución sería disminuir la intensidad de la flama en dicha área. Los defectos descritos anteriormente son las principales causas de rechazo interno, por tal razón serán los puntos a mejorar en proceso de rotomoldeo.

### **3.1.1.2.3 Identificar los mejores resultados**

Las variables de entrada en proceso de rotomoldeo, que fueron analizadas en el numeral anterior, son las causantes del rechazo interno en planta, por tal razón, se ha decidido tomar acciones que ataquen dichas desviaciones.

El problema causado por el calor y el enfriamiento en el proceso puede ser perfectamente controlado por el personal operativo, esto con un sistema de capacitación constante.

Los mejores resultados se lograrán cuando exista un verdadero equipo de trabajo, en el cual no exista barreras de comunicación. Se ha observado que uno de los mayores problemas en planta es la comunicación, entre operario y supervisor, así como en el cambio de un turno a otro, el operario del turno 1 no le informa al operario del turno 2, en que condiciones de operación deja su máquina, y si tuvo algún problema el cual, el operario deba saber, para así evitarlo.

### **3.1.1.2.4 Cuantificar el objetivo de mejora**

El objetivo de implementar Seis Sigma, en dicha empresa es disminuir el rechazo interno en planta, para así, evitar que producto defectuoso llegue hasta al consumidor final, y además disminuir los costos de la no calidad.

Para lograr estos objetivos se implementará un plan de calidad, el cual involucra a todo el personal, operativo y administrativo, para lo cual se han planificado una serie de capacitaciones.

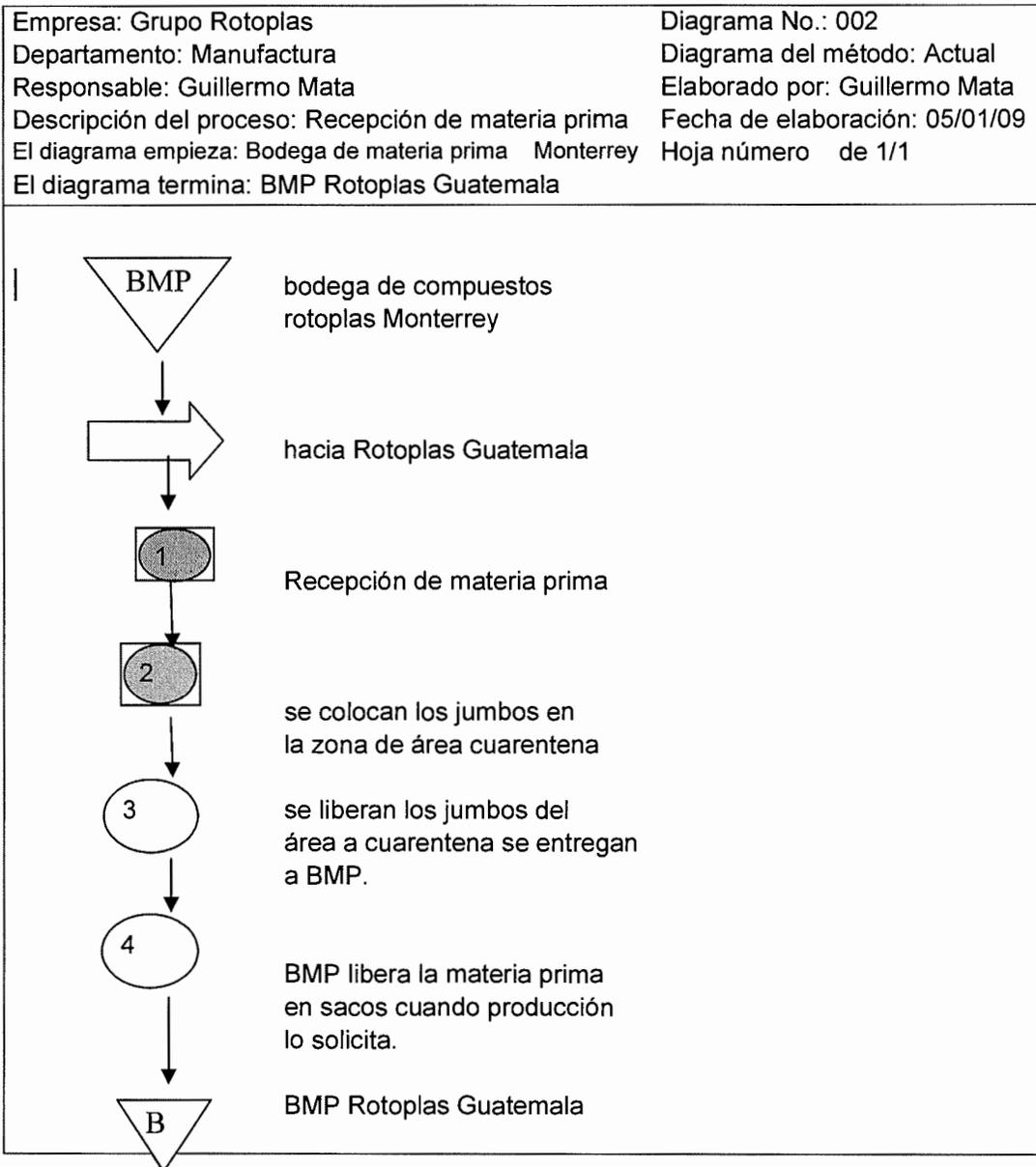
La empresa trabaja actualmente son un nivel de  $3.5\sigma$  sigma, lo cual produce 11, 969 unidades defectuosas por cada millón producidas, y esto traducido a quetzales le cuesta a la empresa Q226, 960.50 por cada semestre de producción normal. El objetivo de la mejora, es pasar de un nivel sigma de  $3.5\sigma$  a  $5\sigma$ , en un plazo de 6 meses, con lo cual se disminuirá el rechazo interno de 11,969 unidades rechazadas a 7 520 unidades rechazadas por capa millón producidas.

Con el nivel sigma que se pretende alcanzar, se disminuirán los costos de la no calidad de Q226, 960.00 a Q.18, 630.00, en un plazo de seis meses.

#### **3.1.1.2.5 Definir la herramienta a utilizar**

Las herramientas a utilizar principalmente para lograr los objetivos establecidos, serán encabezadas por un plan de calidad, el cual establece los puntos de inspección, en la recepción de materia prima y accesorios, esto para evitar las partículas contaminantes y evitar así evitar que lleguen al proceso de producción.

**Figura 11. Proceso recepción de materia prima y accesorios**



### Resumen

Evento	Símbolo	Numero
Operación		3
Operación - Inspección		2
Transporte		1
Almacenamiento		2

**Fuente: Grupo Rotoplas**

El diagrama de proceso anterior muestra claramente, el procedimiento de inspección para la recepción de materia prima, en cual nos ayudara a detectar materia prima mal estado, no apta para procesarse. Seguido de este procedimiento, se procede a liberar la MP (materia prima), para ser utilizada ya en la línea de producción, para lo cual se tiene el siguiente plan de calidad.

- Primero, el operario llena un formato de arranque de maquinaria, el cual es una lista de chequeo, a través del cual el operario asegura que la maquinaria esta en condiciones de operar.
- Segundo, se limpian los depósitos o conos, que son los recipientes con los que se agrega la resina a la maquina, esto para evitar todo tipo de contaminación.
- Tercero, se le aplica desmoldarte al molde, para evitar que se pegue el producto terminado al molde.
- Cuarto, se inicia el precalentamiento de la máquina.
- Quinto, se carga y se arranca la máquina
- Sexto, se inspecciona, cada momento, el cocimiento de la resina, durante la primera quema.

- Séptimo, luego de que las tres capas de resina, ya han alcanzado si estado ideal de cosido se empieza el ciclo de enfriamiento.
- Octavo, luego del ciclo de rotomoldeo, se inicia a descargar la máquina, en este momento el operario, realiza la primera inspección del tinaco, si este observare algún defecto, se reúne el equipo de calidad, y se hará un análisis de la situación, con el objetivo de evitar seguir sacando piezas defectuosas.
- Noveno, de la descarga e inspección del tinaco por el operario, este pasa a la siguiente fase del proceso, la cual es termofundido, luego de que este operario termina de colocarle todas las conexiones que requiere este producto, el operario procede a realizar la inspección correspondiente, si este encontrara algún defecto en el producto, lo notifica con el auditor de procesos o el supervisor de producción, se reúne el equipo de calidad, analizan la situación, la corrigen y obtienen retroalimentación y continua con el proceso normal.
- Décimo, la última fase del proceso es cuando el producto llega al área de terminados, en esta área el operario coloca la serigrafía y etiquetas correspondientes, y se finaliza con la tercera inspección visual, aca en este punto el operario revisa el cien por ciento del producto en todos sus acabados, si este encontrara algún defecto, lo comunica al supervisor de producción, quien reúne al grupo de calidad, se realiza el análisis correspondiente, se soluciona el problema y se obtiene la retroalimentación del caso.
- Por último el tinaco pasa al área de bodega de producto terminado.

Este plan de calidad se detalla en puntos posteriores, el cual se muestra a traves de un diagrama de proceso.

Además de estos planes de calidad se utilizaran herramientas como diagrama de Ishikawa (muestra la causa y efecto de una situación), de las principales causas de variación, esto con el objetivo de encontrar la raíz de la causa de variación.

Se establecerán grupos de calidad, liderados por personal operativo, así como administrativo, esto con el fin de fomentar el trabajo en quipo, y obtener la retroalimentación de cada caso resuelto.

Se formaran líderes como Back Belts (nivel cinta negra), formación de champions (nivel campeones) y Green Belts (nivel cinta verde), todo esto según la metodología Seis Sigma.

### **3.1.1.3 Mejora**

En esta parte del proyecto, nos corresponde hacer un análisis de las variables de entrada analizadas anteriormente, esto con el objetivo de estar claros de que las variables elegidas son las causantes de la variación del proceso.

Debido a que las variables de entra en este proceso, son de la denominación por atributos, estas son incuantificables, por tal razón solo se puede hacer un análisis teórico de dichos atributos.

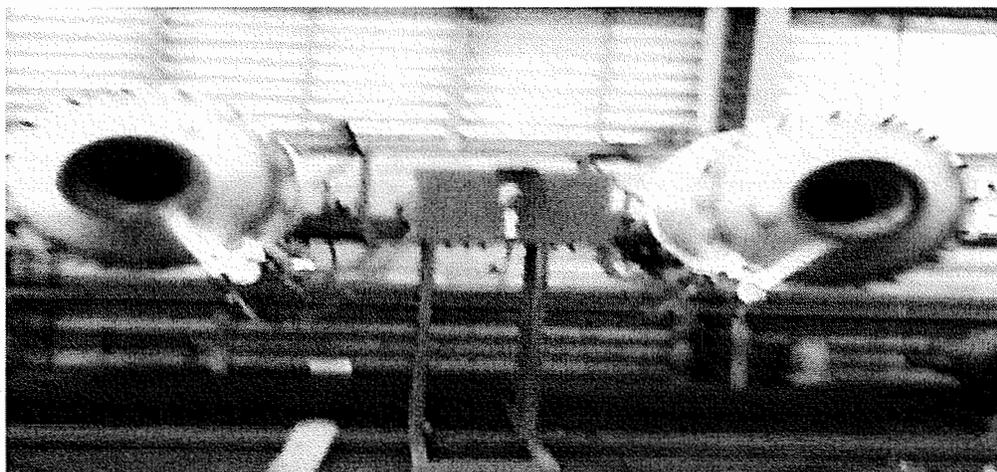
### 3.1.1.3.1 Investigar las variables de entrada

Con el objetivo de hacer un análisis más profundo de las variables de entrada, definiremos paso a paso el proceso crítico, que es el proceso de rotomoldeo, luego de cada paso haremos un análisis para asegurarnos que las variables de entrada definidas como críticas son las causantes de la variación del proceso.

1. Posicionar el molde de tal manera que este en posición central, seguidamente se pone a funcionar manual encendiendo los quemadores y mecheros por un tiempo, seguidamente se enfría con agua y aire y se procede a cargar el molde.

Nota: Este paso es único y exclusivo para la primera quema ya que es cuando los moldes están demasiados fríos, si el operario obvia este paso, los productos obtenidos por la primera corrida de producción serán defectuosos, ya que en el momento de arranque, la maquina esta demasiado fría, por tal razón saldrá con el defecto que denominado, esto por falta de *CALOR*.

**Figura 12. Posición del molde**

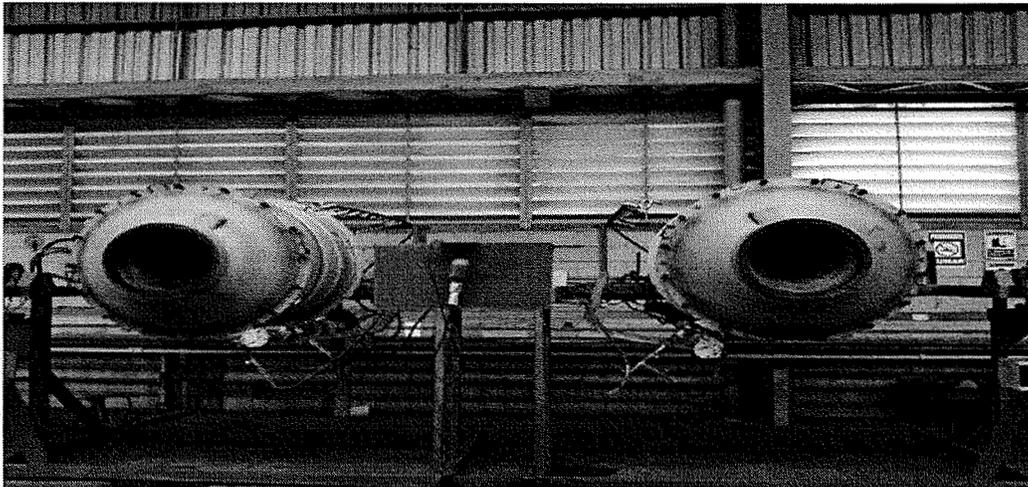


**Fuente: Grupo Rotoplas**

2. Posicionar el molde de tal manera que se pueda sujetar el gancho al arnés del molde (Posición Central).

Nota: Los pasos 2 al 6 se aplican únicamente si hay tinaco cargado en la máquina, de lo contrario se procede al paso 7

**Figura 13. Posición central**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

3. Poner el gancho de la garrucha a la tapa del molde teniendo cuidado que se ajuste bien el gancho al arnés del molde.

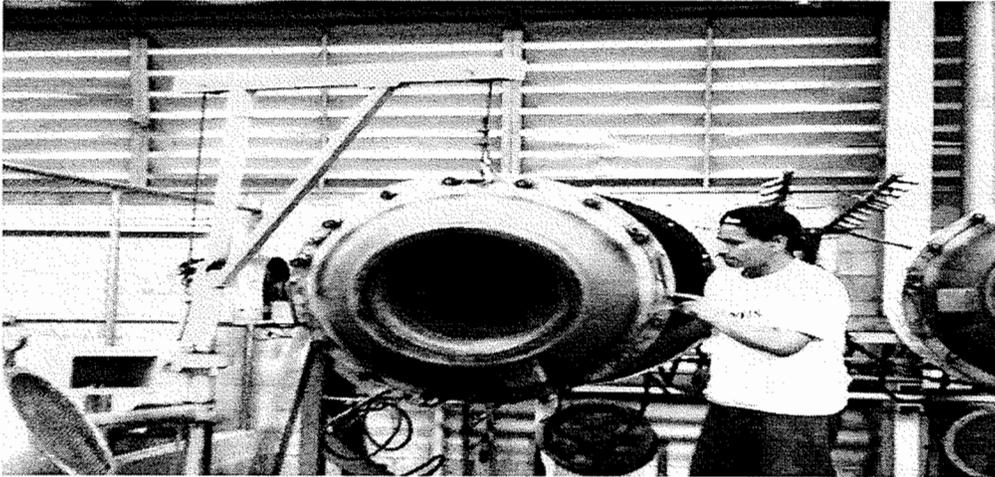
**Figura 14. Colocación de gancho**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

4. Quitar tornillos del molde con pistola neumática y quitar tapa del molde, teniendo cuidado de no lastimar el tinaco y que este no salga figurado o rallado.

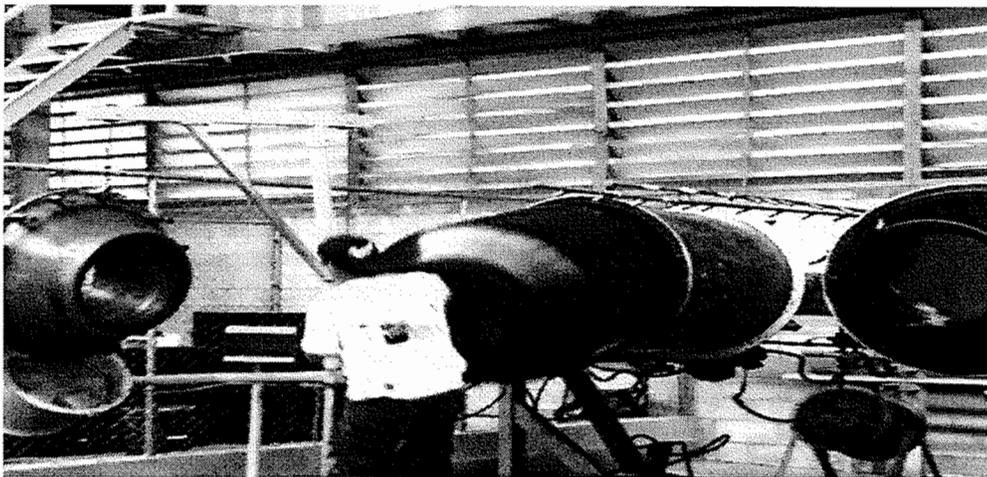
**Figura 15. Tornillos**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

5. Se descarga el tinaco que se encuentra dentro del molde, teniendo cuidado de no rallarlo con el molde o bien al bajarlo por la escalera.

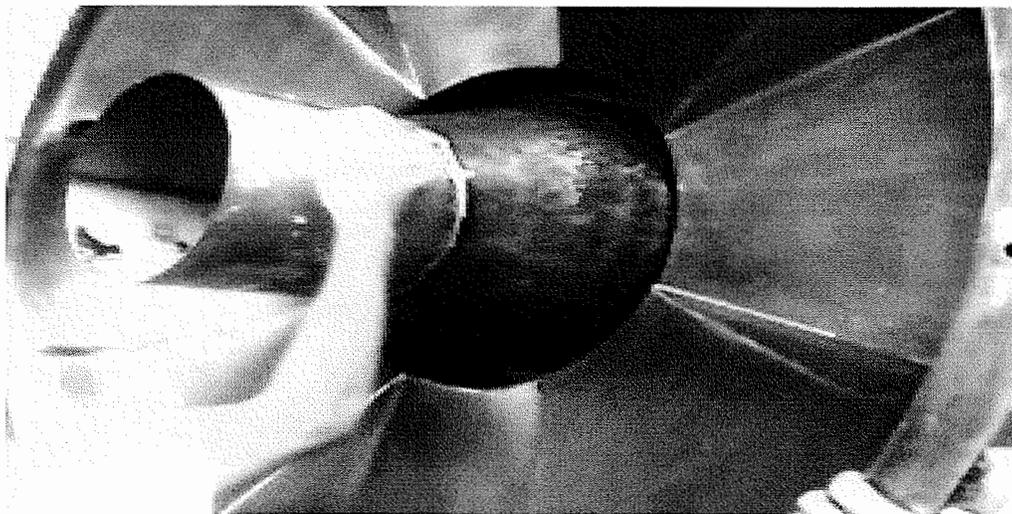
**Figura 16. Desmolde de tinaco**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

6. Si es necesario se aplica desmoldante con franela limpia y humedecida con desmoldante, siempre y cuando teniendo cuidado de no colocarle mucho o poco desmoldante.

**Figura 17. Desmoldante**



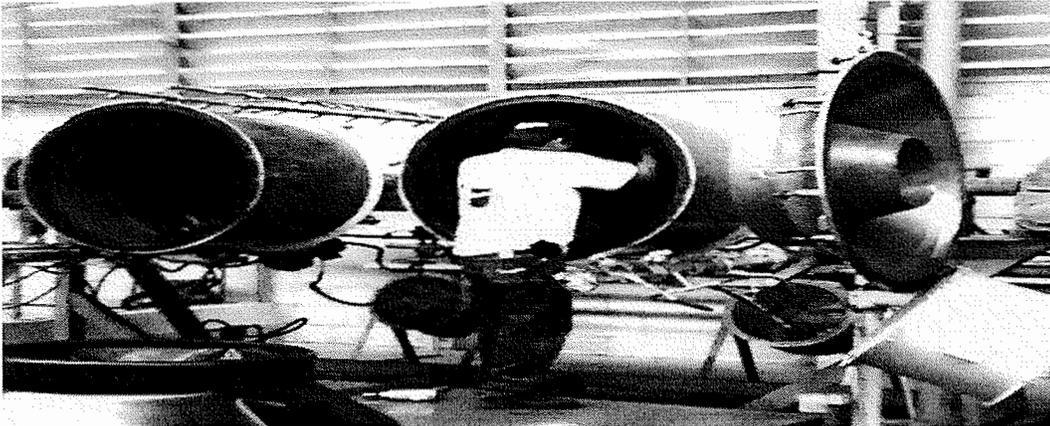
**Fuente: Grupo Rotoplas**

Es importante, que el operario este bien capacitado sobre la aplicación de desmoldante al molde, ya que un exceso de este sobre la superficie del molde provocara un defecto ya analizado que se denomina torcido por exceso de desmoldante.

Y tener en cuenta que si el operario agrega muy poco desmoldante al molde, es tinaco se pegara a la superficie del molde, y este no saldrá con facilidad de este, por lo cual se provocara un defecto que se denomina, figurado. Para evitar el torcido o figurado en los tinacos la siguiente corrida de producción, luego de haber desmoldado el molde, se enfría únicamente con aire, si agregar agua, ya que el agua provoca un choque térmico en el tinoco lo cual provoca que este se tuerza.

7. Cargar el molde con la resina, según la capacidad del tinaco a elaborar, fijándose de que los sacos con resina sean los de la capacidad del tinaco producido.

**Figura 18. Resina**

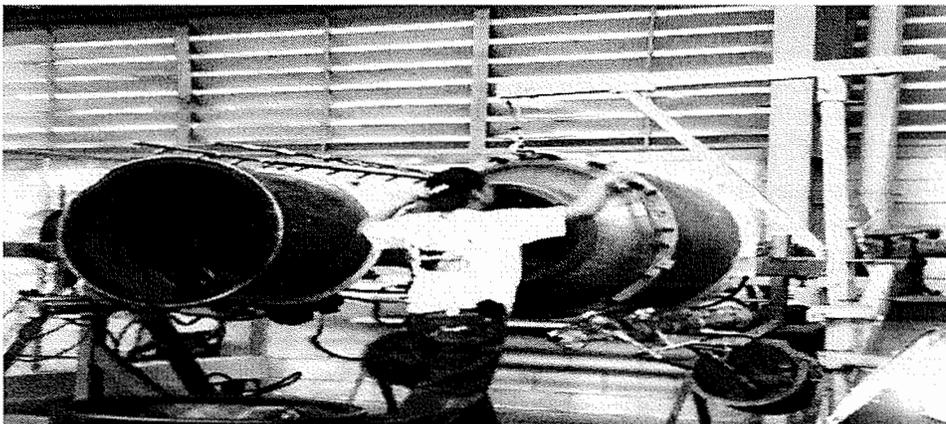


**Fuente: Grupo Rotoplas**

Durante este paso, el operario debe de hacer una inspección visual y rápida, a la resina que esta agregando al molde, con el objetivo de observar cualquier partícula contaminante.

8. Cerrar la tapa y colocar todos los tornillos con la pistola neumática.

**Figura 19. Cerrado**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

Durante este paso, el operario debe asegurarse de colocar todos los tornillos a la tapa del molde, ya que si este descuida y olvida atornillar dos tornillos o mas, el agua se filtra hacia el interior del molde en el ciclo de enfriamiento, lo cual provoca el defecto denominado torcido por choque termino.

9. Quitar el gancho de la garrucha, de la tapa del molde, teniendo cuidado de que este quede suelto completamente.

**Figura 20. Desmolde 2**



Fuente: Grupo Rotoplas

10. Revisar que la máquina este en posición central, según botón verde.

**Figura 21. Botones de arranque**



Fuente: Grupo Rotoplas

11. Energizar los botones de arranque y accionar las válvulas de gas.

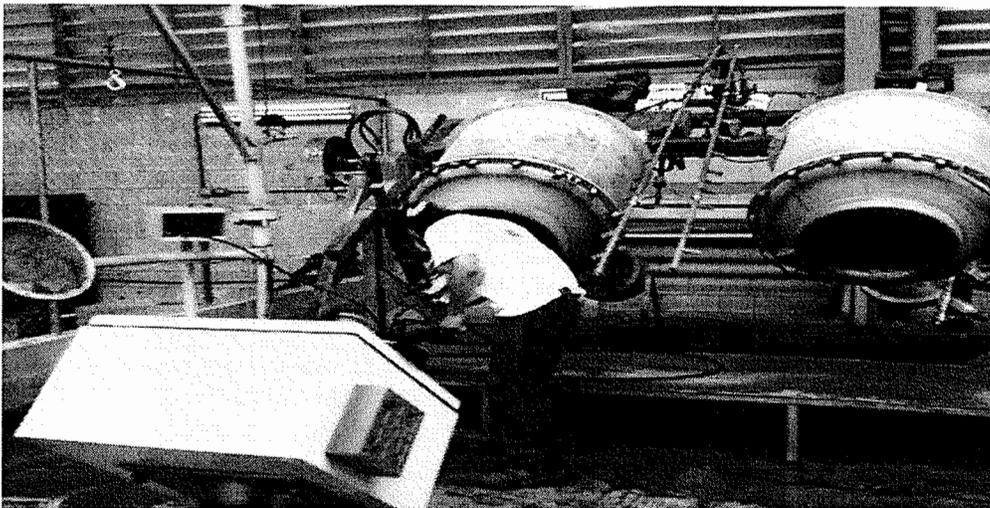
**Figura 22. Arranque**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

12. Encender los quemadores y mecheros, utilizando el chispero y guantes para no sufrir ninguna quemadura.

**Figura 23. Quemadores y mecheros.**

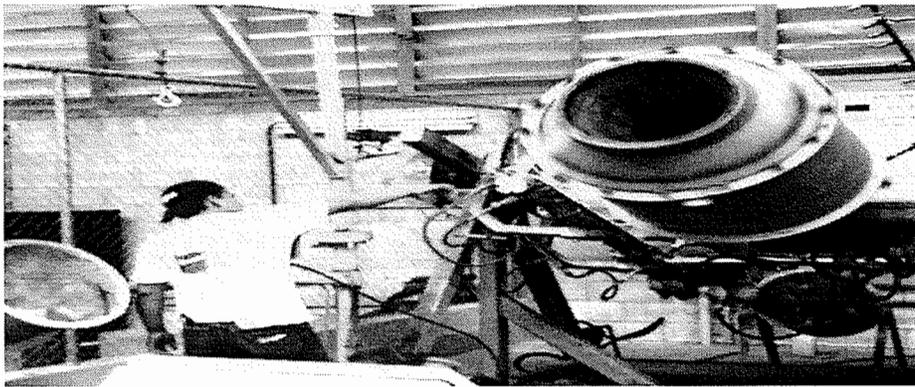


**Fuente: Grupo Rotoplas**

Durante este paso, el operario debe de asegurarse que todos los quemadores y mecheros estén encendidos, además que no estén los mecheros flojos, ya que esto provocará un defecto denominado claridad por falta de calor.

13. Verificar que las flamas de los quemadores y mecheros estén encendidos al momento de encender la máquina.

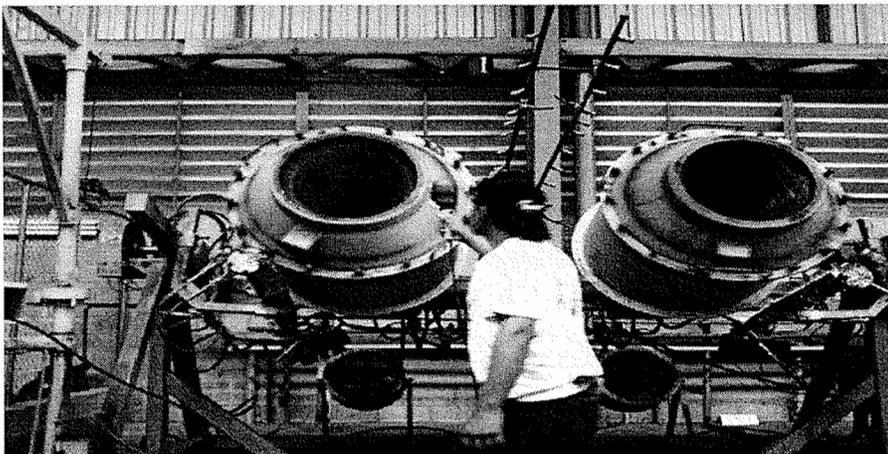
**Figura 24. Encendido**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

14. Vigilar el cocimiento de la resina negra con la lámpara. Cuando está totalmente brillante ya esta cocida, además de observar el comportamiento de la maquina y el tiempo de cocido.

**Figura 25. Cocimiento de resina negra**



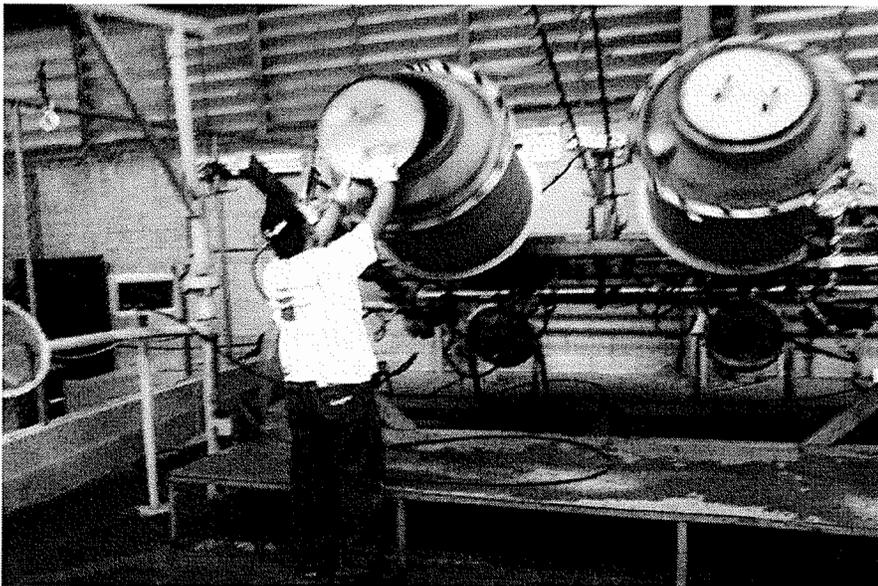
**Fuente: Grupo Rotoplas**

El operario debe ser, observar cuidadosamente el cocimiento de la resina, ya que si agrega la siguiente capa de resina si aun no ha cosido bien la primera, el tinaco saldrá con un defecto denominado oscuro por falta de calor.

15. Agregar esponjante cuando la alarma suene y se apaguen automáticamente los quemadores, siempre y cuando la resina negra ya esta cocida, para evitar contaminado por desprendimiento de material negro.

**Nota: Caso específico para sistema mejor agua.**

**Figura 26. Esponjante**

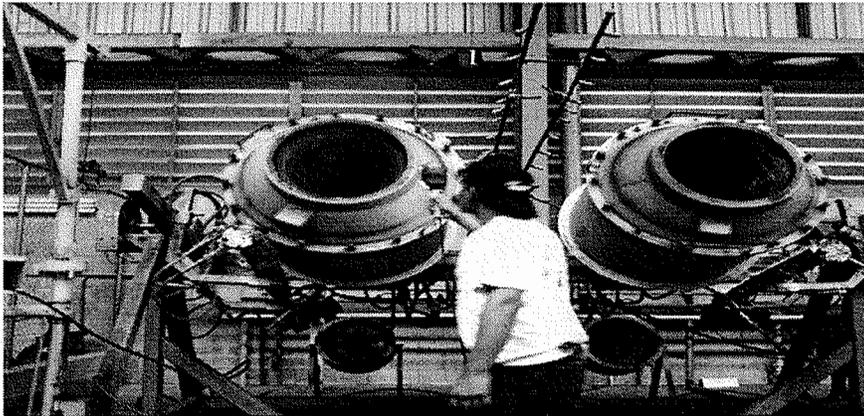


**Fuente: Grupo Rotoplas**

Es importante que el operario haga una inspección visual y rápida de la segunda capa de resina que agregara al molde para evitar contaminación del producto.

16. Vigilar cocimiento del esponjante, con ayuda de la lámpara. Cuando ha comenzado a brillar la resina, deben apagarse los quemadores, evitando así que se quemé la rotoespuma o que se produzcan los grumos.

**Figura 27. Cocimiento de esponjante**

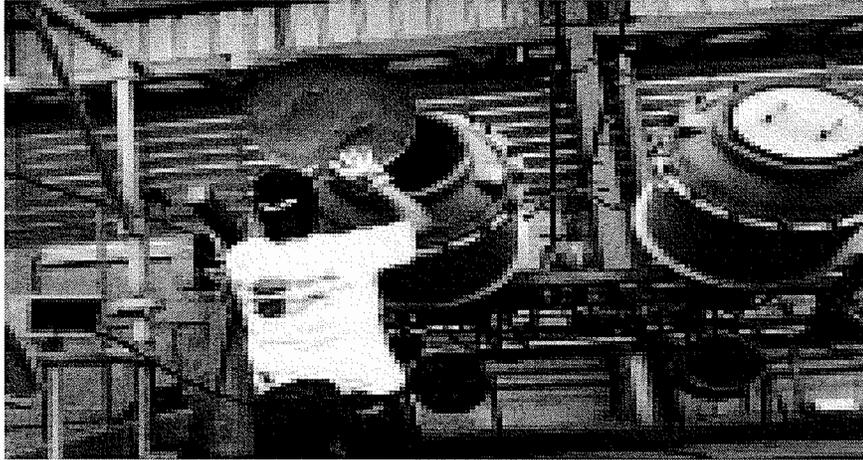


**Fuente: Grupo Rotoplas**

El operario debe de observar cuidadosamente el cosido de la resina agregada al molde, ya que si el operario no apaga la flama en un punto exacto, este producto saldrá con un defecto denominado quemado por exceso de calos.

17. Agregar la resina neutra con pigmento blanco cuando la alarma suene y se apaguen automáticamente los quemadores, siempre y cuando la rotoespuma este bien cocida.

**Figura 28. Resina neutra**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

18. Cuando entra el sistema de enfriamiento, acercar los ventiladores al molde para que estos empiecen a enfriar, vigilar que las espreas (rociadores) estén enfriando y cubriendo en forma de abanico uniformemente todo el cuerpo del molde.

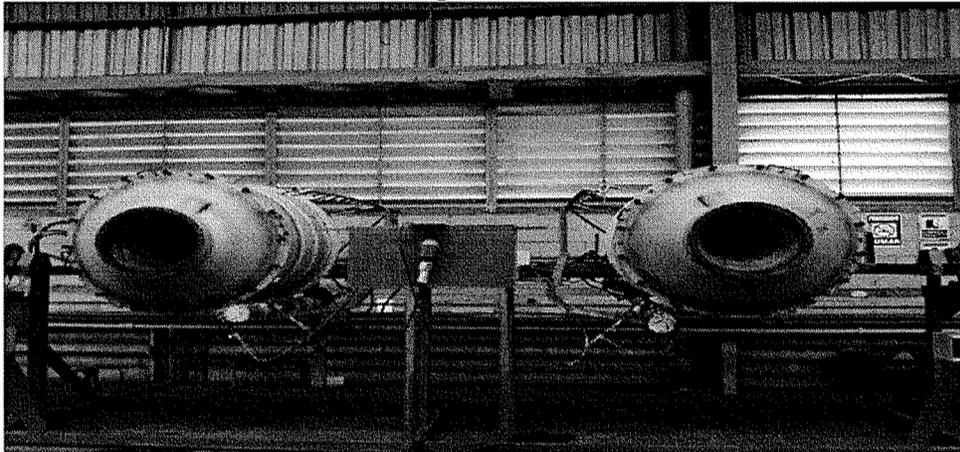
**Figura 29. Enfriamiento**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

19. Se posiciona el molde con el gancho de la tapa para arriba para poder colocar el gancho y descargar.

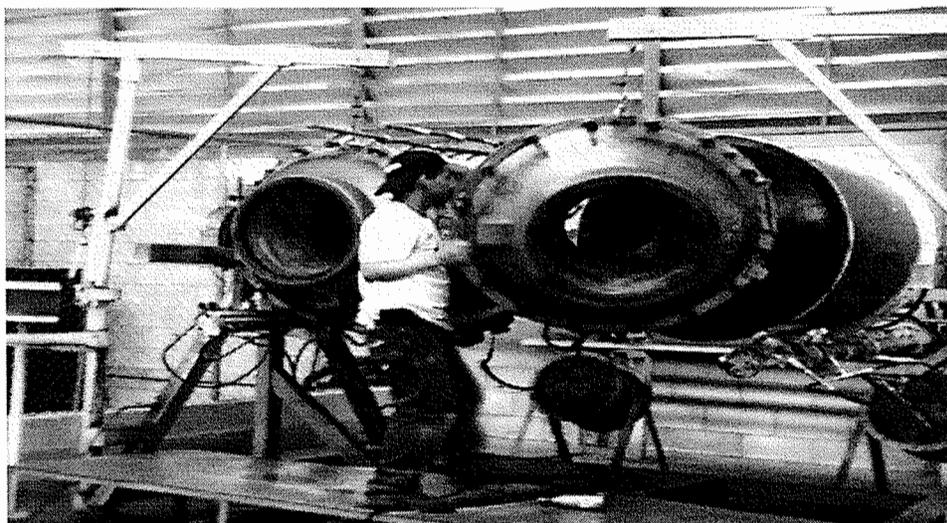
**Figura 30. Posición**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

20. Colocar la garrucha y quitar todos los tornillos con la pistola neumática, teniendo cuidado de que la tapadera no lastime el tinaco y este se ralle o fisure.

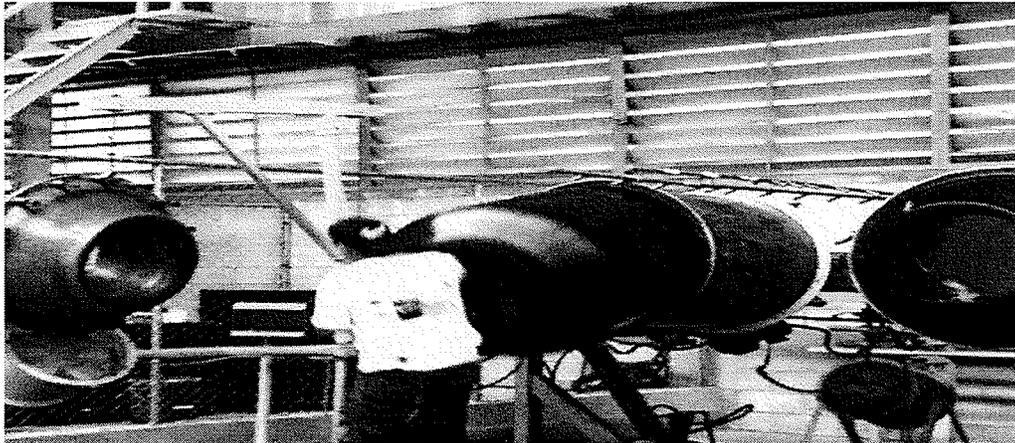
**Figura 31. Destapar**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

21. Cuando el producto se retira del molde y está caliente, se debe evitar golpearlo o rallarlo evitando así que se dañe su estructura o se fisure su interior esponjante ya que puede ocasionarle deformaciones, roturas o raspaduras.

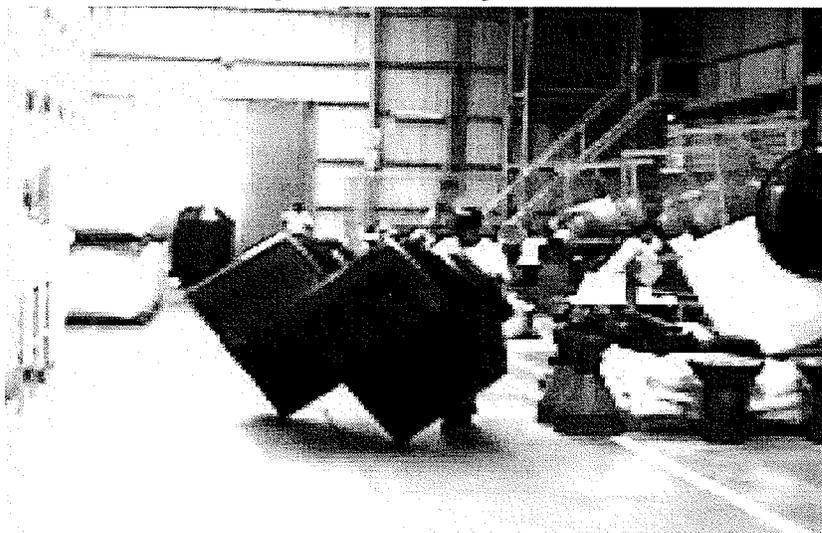
**Figura 32. Retiro de producto**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

22. El tinaco se debe manejar siempre en forma vertical y para moverlo se gira sobre el vértice de su base.

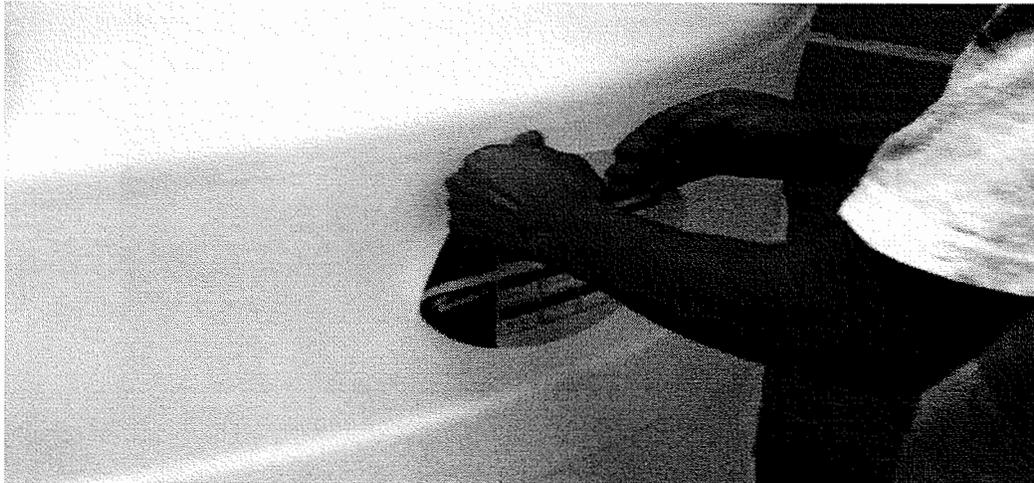
**Figura 33. Manejo del tinaco**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

23. El operador debe de quitar rebaba e inspecciona el tinaco bajado y posteriormente pega la etiqueta de "Identificación del Producto"

**Figura 34. Etiqueta**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

24. De encontrar el producto no conforme le informa al Supervisor de Turno o al Auditor de Procesos, para que éstos coloquen la "Etiqueta de Rechazado", o si se da el caso la "Etiqueta de Reacondicionado".

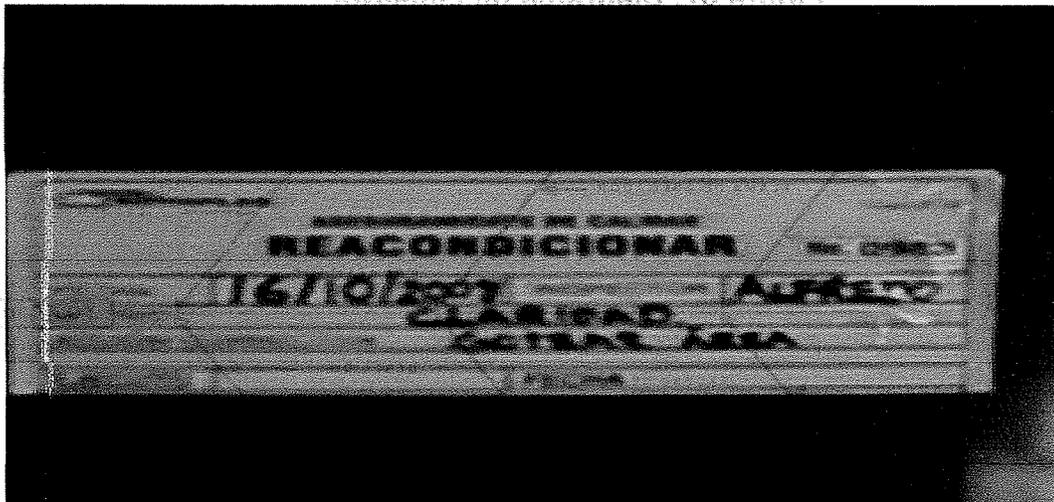
**Figura 35. Revisión**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

25. El supervisor de producción de turno revisa el producto en su primera quema en cada máquina, y luego durante el turno revisa al azar el producto para su respectivo traslado al área de termofundido

**Figura 36. Revisión etiqueta**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

Como se puede observar, las variables de entrada críticas en el proceso, son calor, agua, y el factor humano, controlando estas variables, se puede disminuir el rechazo interno considerablemente y con esto cumplir con los objetivos planéanos.

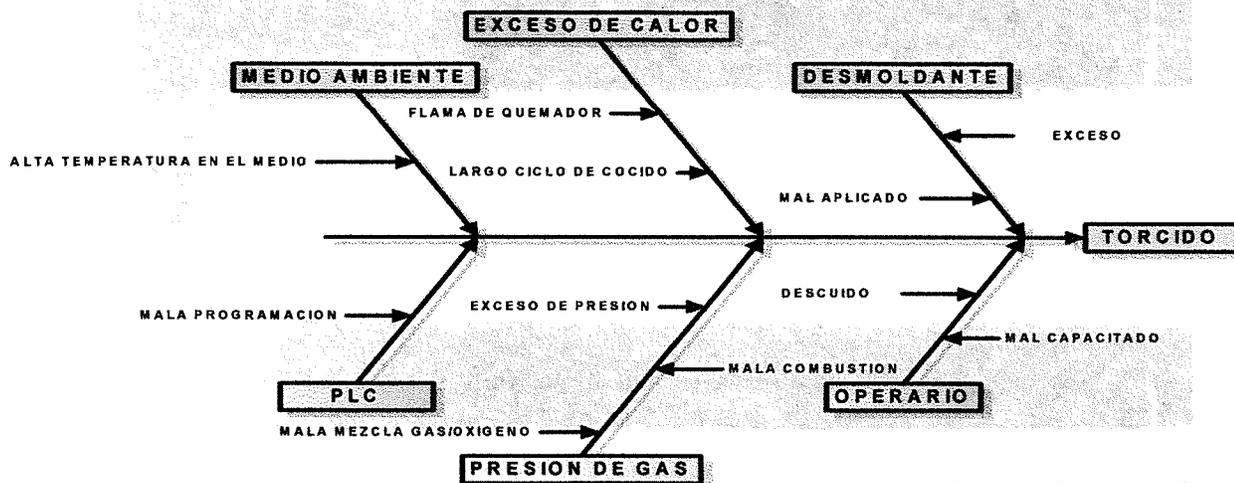
### 3.1.1.3.2 Confirmar el efecto de las variables de entrada

De acuerdo a los datos analizados, acerca de las variables de entrada, podemos observar claramente que estas tienen una influencia directa en el nivel de rechazo interno, y son las causantes del 85 % del rechazo.

### 3.1.1.3.3 Ishikawa de las variables de entrada y sus efectos

Con el objetivo de encontrar la raíz de las desviaciones que causan el rechazo interno en planta, se analizaron las principales causas de variación a través del diagrama de Ishikawa, para así obtener retroalimentación de dicha desviación.

Figura 37. Diagrama de Ishikawa

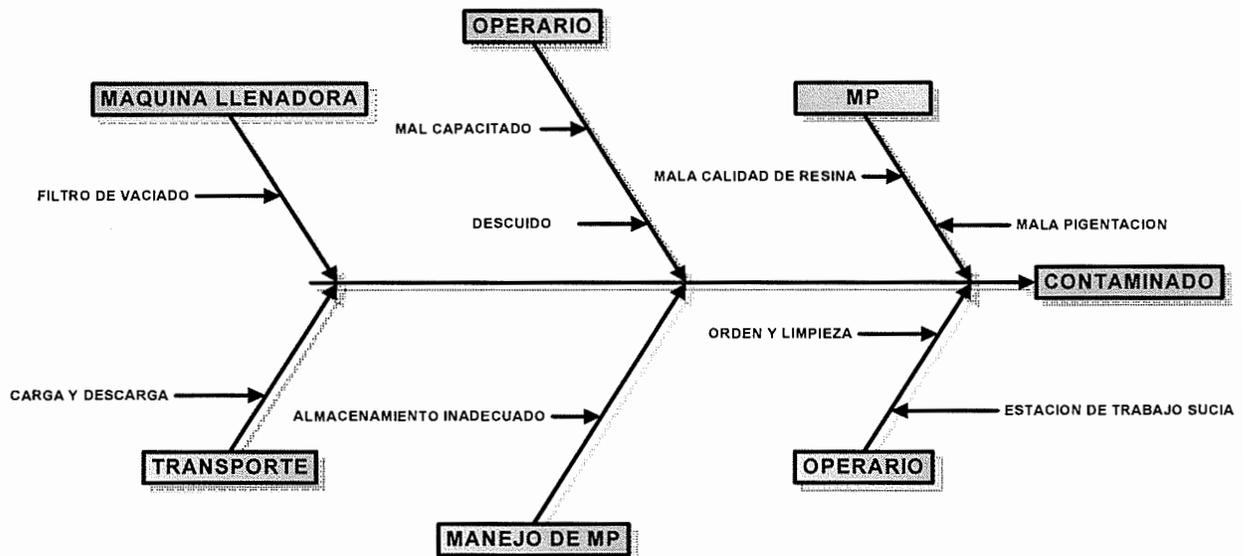


Fuente: Grupo Rotoplas

Del anterior diagrama se puede concluir que las dos principales causas de torcido en el tinaco son por la mala aplicación en el desmoldante y por el exceso de calor, para lo cual se planea dar una capacitación al operario sobre la correcta aplicación de desmoldante, además se capacitara a este, sobre como calibrar la máquina antes de inicio de su turno.

El defecto denominado torcido, produce el 35.83 % de rechazo interno.

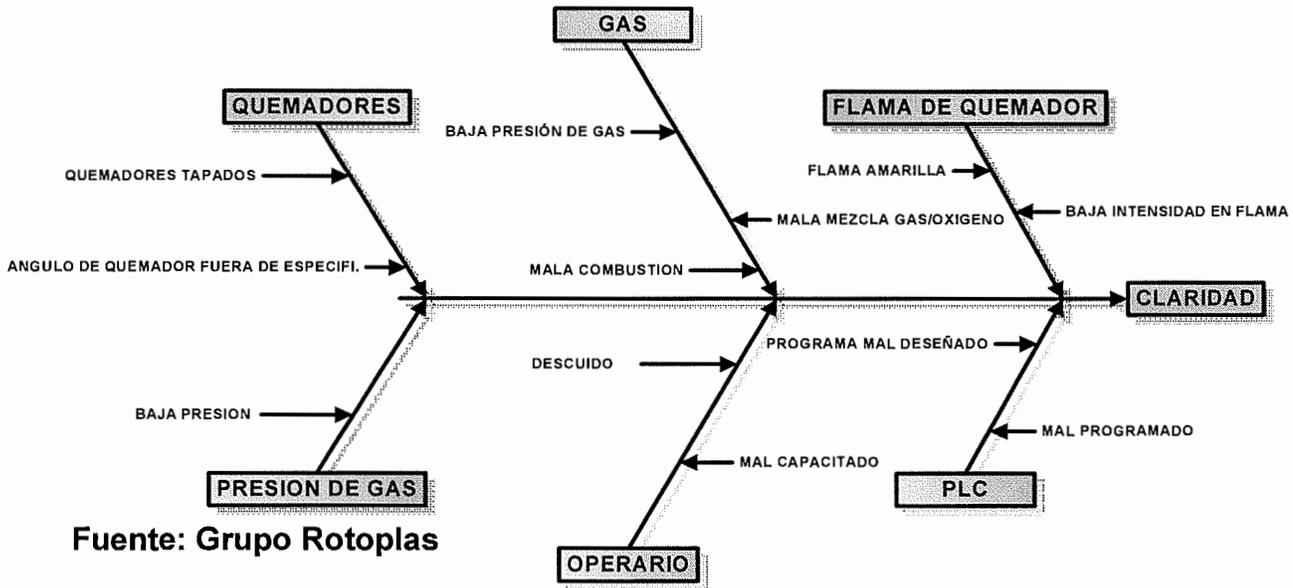
**Figura 38. Diagrama de Ishikawa 2**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

El defecto denominado contaminado, representa el 7.5 % del total de rechazo, aunque las razones de este defecto son muy obvias, se velará por el cumplimiento del plan de calidad propuesto, para con esto alcanzar los objetivos deseados.

Figura 39. Diagrama de Ishikawa 3



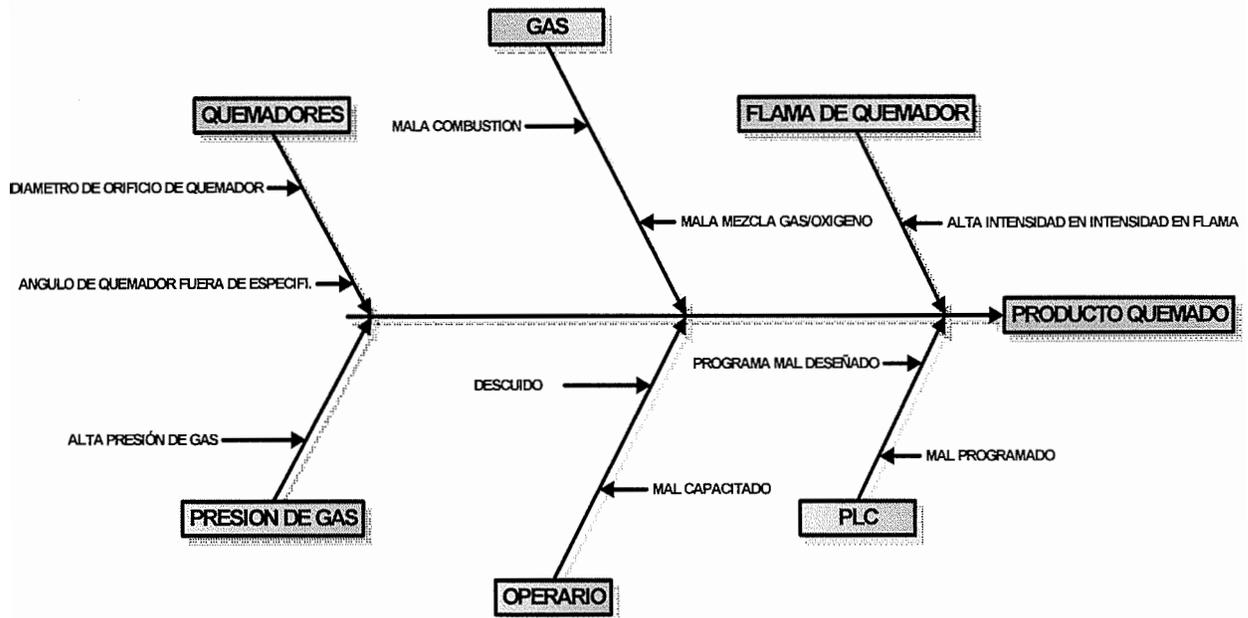
Fuente: Grupo Rotoplas

La claridad es el segundo factor que causa el mayor porcentaje de rechazo interno, dicho porcentaje es de 25.30 %. Dicho defecto es causado por la falta de calor.

Con el objetivo de corregir esta desviación, se ha diseñado un formato el cual se llama: hoja de arranque, con este formato se pretende que el personal operativo antes de arrancar una maquina al inicio de cada turno, verifica en base a una lista de chequeo una serie de factores determinantes en el proceso.

A continuación se presenta dicho formato, el personal encargado directamente de velar por que este procedimiento se cumpla, es el auditor de procesos y el supervisor de producción.

**Figura 40. Diagrama de Ishikawa 4**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

El defecto denominado producto quemado es ocasionado por un exceso de calor, dicha desviación pretende controlarse a traves de la hoja de arranque mencionada anteriormente.

#### **3.1.1.3.4 Establecer límites de control**

Algunas características de calidad no pueden ser representadas convenientemente por medio de variables cuantitativas. En estos casos, las unidades de producto se clasifican en “conformes” o en “no conformes” según las características cualitativas sean o no conformes con las especificaciones. Las características de calidad de este tipo se denominan atributos. Los datos de tipo atributo tienen solamente dos valores: conforme / no conforme, pasa / no pasa.

Atributo: Característica de calidad que no puede ser medida.

Por tal razón se ha elaborado un catálogo de defectos, el cual todo el personal operativo consulta, en el momento de salir un tinaco con defectos visuales, el cual se presenta a continuación. El objetivo y alcance de dicho manual es proporcionar una referencia visual de las características principales que puedan ser motivo de rechazo o re-acondicionamiento de un producto.

Responsabilidades:

- Jefe de aseguramiento de calidad:
  - Mantener actualizado el catálogo de defectos
  - Velar por el cumplimiento y apego a las especificaciones descritas en dicho catálogo.
  
- Gerente de producción y supervisores de producción:
  - Aplicar los criterios que aquí se definen para la aceptación o rechazo de un producto.
  - Asegurarse que el personal operativo conozca y reconozca cada una de las especificaciones.
  - Velar por el cumplimiento y apego a las especificaciones descritas en este catálogo.
  
- Auditor de procesos:
  - Aplicar los criterios que aquí se definen para la aceptación o rechazo de un producto.
  - Asegurarse que el personal operativo conozca y reconozca cada una de las especificaciones.

➤ Operarios de producción:

- Conocer y apegarse a las especificaciones descritas en este catálogo.

➤ Personal de Bodega:

- Observar que el producto a despachar cumpla con las especificaciones descritas en este catálogo.

A continuación se establecen los criterios de criterio de aceptación de los distintos defectos ya descritos en la Tabla I:

➤ **Degradado**

Criterio de aceptación: Sólo se permitirá retrabajo en degradaciones que se presenten en la base, siempre y cuando el área afectada sea menor de 15 cm. de diámetro. La liberación de los productos a retrabajar sólo podrá ser realizada por los auditores de procesos o el Jefe de Aseguramiento de Calidad.

Causa

- Flama alta de sopletes o de quemador central.
- Desmoldante mal aplicado
- Sopletes mal acomodados
- Mezcla de polietilenos de alta y baja densidad
- Material mojado

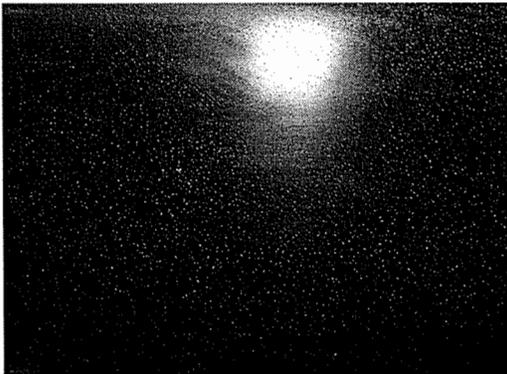
Solución:

- Bajar intensidad de flama de sopletes
- Bajar intensidad de flama de quemador central con ajuste de gas y ajuste de tubos.
- Limpiar exceso de desmoldante en zona de degradación
- Verificar sopletes en posición y fijar correctamente.
- Ajustar capuchón de soplete
- Rastrear lote de polvo y verificar si fue humedecido, mojado o afectado. Revisar lote y orden de pulverizado, lote antes y lote después

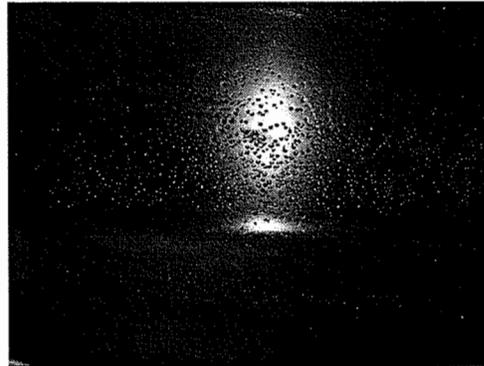
En las demás zonas del producto se aplicará criterio por tamaño de poro, el cual se muestra a continuación en fotografía.

**Figura 41. Poro**

Tamaño de poro: aceptado



Tamaño de poro: rechazado



**Fuente: Grupo Rotoplas**

➤ **Deforme o torcido**

Criterio de aceptación: se permite el retrabajo si el área afectada es menor que las áreas determinadas y cuando el número de éstas no sea mayor de tres.

#### Áreas determinadas:

- torcido en cuerpo: 20 cm. de largo y 5 cm. de ancho.
- torcido en brida: 10 cm. de largo y 3 cm. de ancho.

Nota: dentro de estos parámetros se deberá retrabajar y verificar por calidad para ser aceptado

#### Causas:

- exceso de desmoldante.
- falta de enfriamiento.
- espreas tapadas.
- falta de desmoldante
- falta de tuercas y tornillos.
- falta de calor
- tapas mal cerradas
- aplicación reciente de desmoldante
- desmoldante mal preparado

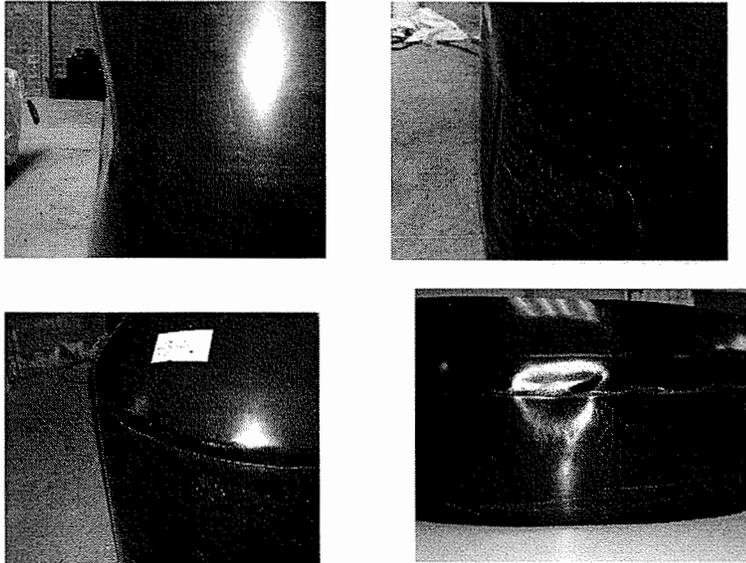
#### Soluciones

- Limpiar exceso de desmoldante con franela húmeda, pasar fibra por el área afectada, enfriar producto con aire (mínimo 4 quemas).
- Verificar el sistema de enfriamiento.
- Aplicar desmoldante en el área afectada.
- Colocar tuercas y tornillos
- Subir flama de soplete delantero y de brida
- No bajar el producto caliente

- Limpiar unión de tapa y cuerpo
- Enfriar con aire los 2 ciclos siguientes a una cura de molde
- Diluir desmoldante al 50% en agua

**Figura 42. Deformado**

Torcido o deforme: rechazado



**Fuente: Grupo Rotoplas**

➤ **Claridad o translucidez**

Criterio de aceptación:

**a) Con esponjante expuesto:** este defecto solo podrá ser retrabajado en brida y base cuando el área afectada no sea mayor de 10 cm. de longitud x 2 cm. de ancho y 10 cm. de diámetro respectivamente, siempre y cuando la translucidez se elimine sin afectar la apariencia externa (estética del producto) y sea liberado por calidad. Cuando este problema se presente en el cuerpo de nuestro producto será declarado rechazo por ser un lugar que se refleja en la funcionalidad.

**b)** Claridad con esponjante expuesto por rebabeo (recuperable mediante retrabajo): Este producto pasara a reacondicionado solo si cumple con las medidas de 10 cm. de longitud x 3 cm. de ancho como máximo y no que no sean más de 3 zonas. Si no se retrabaja será rechazo.

**c) Áreas de claridad en cuerpo, brida y base:** se considera rechazo cuando parezca algún punto o área de translúcida en el interior o en cualquier parte del tinaco.

Están sujetos a retrabajo siempre y cuando:

- claridad en brida: no se presente en tres áreas distintas y estas no sean mayor a 10 cm. de largo x 2 cm. de ancho.
- claridad en cuerpo: cuando no se presente en tres áreas distintas y el área total no sea mayor a 16 cm<sup>2</sup>.
- claridad en base: cuando no se presente en tres áreas distintas y estas no sean mayor a 15 cm. de diámetro.

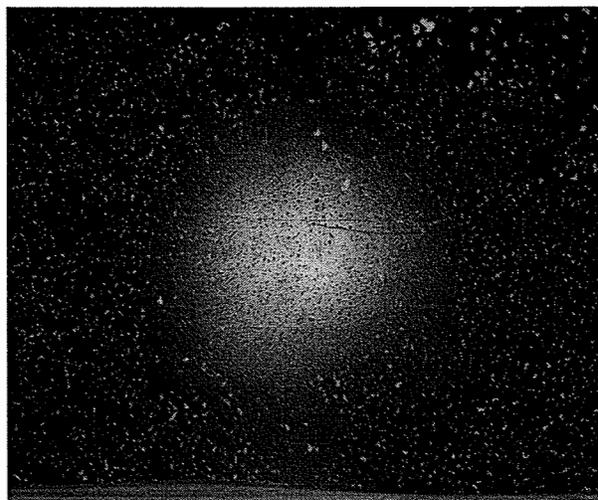
Para el esponjante expuesto se considera rechazo cuando en la brida se presenten dos áreas distintas y que no sean mayor a 10 cm. de largo x 2 de ancho.

Nota 1.- además se considera aprobada cuando no se afecte la apariencia o contorno estético del producto cuando haya sido retrabajado.

Nota 2.- además se considera aprobado cuando no se afecte la apariencia o contorno estético del producto cuando haya sido retrabajado (ver fotos).

**Figura 43. Rechazo por claridad**

Esponjante expuesto: rechazado por área de claridad



**Fuente: Grupo Rotoplas**

**Figura 44. Rechazo de esponjante por mal rebabeo**

Esponjante expuesto: rechazado por mal rebabeo



**Fuente: Grupo Rotoplas**

## ➤ **Contaminado**

Criterios de aceptación o rechazo:

- cantidad de material contaminante en un área específica.
- tamaño de algún objeto contaminante.

Parámetros:

- será declarado rechazo si tiende a contaminarse entre un límite de longitud de 10 x 8 de ancho y que existan 10 partículas contaminantes.
- el producto está sujeto a rechazo si tiene pegotes pero este puede retrabajarse.
- si el producto en el retrabajo de pegotes deja expuesto el negro será declarado rechazo.
- en el caso de que el contaminante sean pegotes y que se tenga que retrabajar no se deberán dejar puntos negros.
- el tamaño del pegote no debe exceder de 1 pulgada en su longitud más larga
- el contaminado por grumos no deberá exceder del parámetro de 30 cm. longitud x 20 cm. de ancho sino será declarado rechazo o si cumple con las medidas será retrabajado.

Causas:

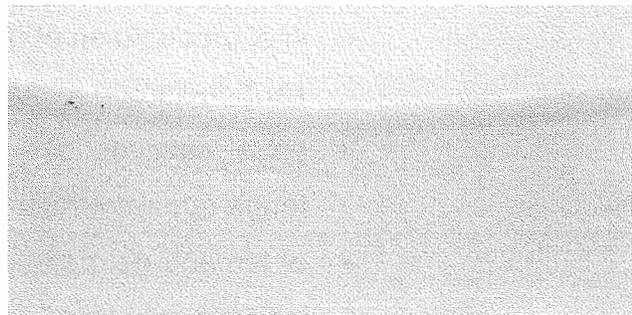
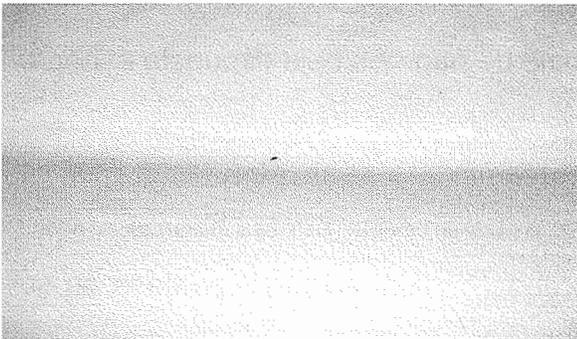
- material esponjante contaminado
- partícula ajena al esponjante
- limpieza de cono externo de tapa
- conos mal utilizados.
- conos de material sucios.
- porofofo húmedo
- grumos

Soluciones:

- verificar preparación de esponjante en área materiales, asegurando que se realice de manera correcta
- limpiar cono externos de tapa antes de arrancar el primer ciclo.
- utilizar el cono adecuado y verificar que se encuentre limpio.
- grumos: falta de calor en esa zona
- mantener correctamente cerrado los contenedores de porofor, con el fin de evitar su humedecimiento.

**Figura 45. Aceptación**

Por cantidad y tamaño de contaminante: aceptado



Fuente: Grupo Rotoplas

**Figura 46. Rechazo**

Por cantidad y tamaño: rechazado

Contaminado: por la gran cantidad de partículas contaminantes



contaminado: con pegote



Fuente: Grupo Rotoplas

## ➤ Fisurado

Parámetros de aceptación o rechazo

- en caso de fisurado o fracturado en esponjante se considerará rechazo.
- productos con fisuras de 10 a 15 cm. son considerados rechazos.

Causas:

- falta de desmoldante (desgarrado).
- mal manejo
- falta de enfriamiento (desgarrado)
- molde fisurado.

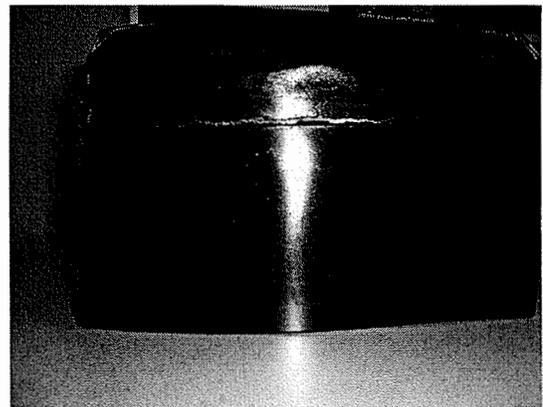
Soluciones:

- aplicar desmoldante en el área afectada
- manejar productos con cuidado.
- ajustar el proceso de enfriamiento.
- reparar molde

Nota: cualquier producto s.m.a o tamboplas que presente este problema será considerado rechazo, debido a que no es posible su reparación.

### Figura 47. Fisura y fractura

Fisura y fractura: rechazado



Fuente: Grupo Rotoplas

### ➤ **Material crudo**

Parámetros de aceptación o rechazo: en este caso será declarado rechazo por no tener ninguna forma de arreglo en el producto. En la siguiente foto, el material que quedó crudo fue el negro, provocando contaminación al mezclarse con la roto espuma.

Causas:

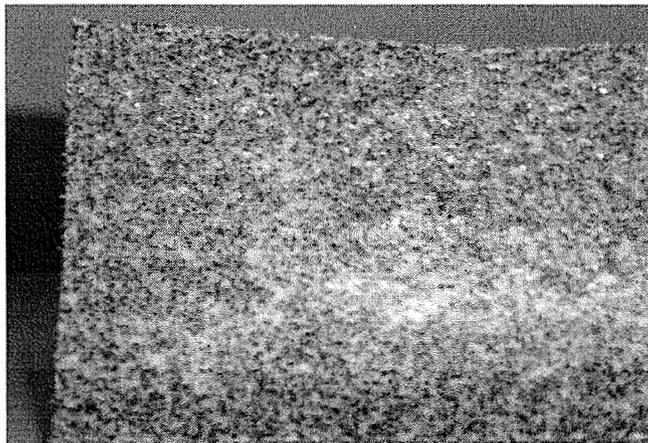
- desajuste de flamas de quemador central.
- falta de capacitación.

Soluciones:

- ajustar flamas de quemador central con turbo y gas.
- capacitar a operadores.

### **Figura 48. Material crudo**

Material crudo: rechazado



**Fuente: Grupo Rotoplas**

## ➤ Grumos

### Parámetros de aceptación o rechazo

- se verifica el área afectada con las longitudes dañadas.
- se hace un conteo de grumos en el área.
- se deberá cumplir con la medida de aceptación de 20 x 20 cms. de grumos en cisternas.
- y no se sobrepasara de 15 grumos en el cuerpo.
- en s.m.a. la medida será de 10 x 15 cms.
- y no se sobrepasar de 10 grumos en el cuerpo.

### Causa:

- flamas bajas quemador central.
- materia prima con partículas plastificada.
- material mal tamizado o molido.
- material húmedo

### Solución:

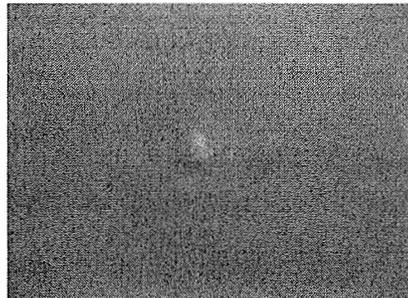
- ajustar flamas de quemador central.
- cambio de discos en molino
- reparar tamices de molino.

**Figura 49. Grumos**

Grumo en s.m.a.: rechazado



Grumo en cisterna: rechazado



**Fuente: Grupo Rotoplas**

## ➤ Interior negro

Parámetros de aceptación o rechazo: se tomará en cuenta la intensidad de acuerdo a fotografías que establezcan los parámetros de aceptación. se tomara en cuenta la longitud y el ancho del área con interior negro. si esta rebasa los parámetros establecidos se declara rechazo directo.

### Criterios:

- los interiores negros no deberán sobrepasar la siguiente medida 7 cm. de ancho x la circunferencia del producto a fabricar.
- aquí intervendrán las intensidades de los interiores negros los cuales se especifican con las fotografías anteriores.
- si el producto sobrepasa la intensidad o las medidas tendrán que ser rechazadas directamente.

### Causas:

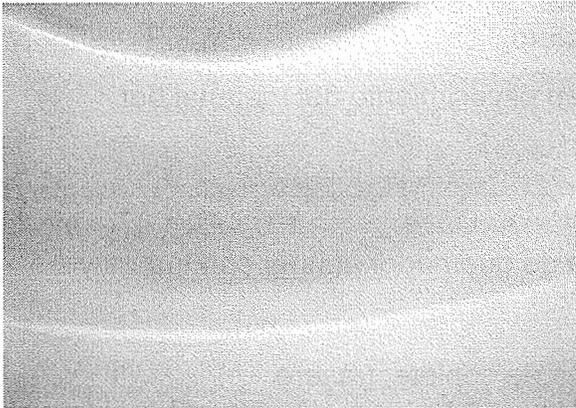
- flamas bajas quemador central...
- flama baja soplete delantero brida.
- flama baja soplete delantero boca.
- sopletes mal purgados.
- flama intermitente en quemador central y/o sopletes

### Soluciones:

- ajustar flamas de quemador central.
- ajustar flama de soplete delantero brida.
- ajustar flama de soplete delantero boca.
- purgar sopletes.
- verificar un ciclo completo en vacío. limpiar quemadores o cambiar sopletes

**Figura 50. Interior negro**

La foto muestra una intensidad que aun se considera aceptable



franja amplia negra e intensa se considera: rechazado



**Fuente: Grupo Rotoplas**

➤ **Quemado**

Parámetros de aceptación o rechazo

- intensidad de quemado.
- área afectada.

Criterios:

- cuando el esponjante se quema con la máxima intensidad se declara rechazo directo.
- las intensidades se describen en las fotografías anteriores.
- cuando esta quemado en fondo este no debe estar degradado, si lo esta, será rechazo.
- deberá cumplir con los siguientes requerimientos para ser reacondicionado el producto:
  1. Que no pase de 5 cm. de diámetro la quemada.
  2. Que la intensidad sea como la primera fotografía.

**Causas:**

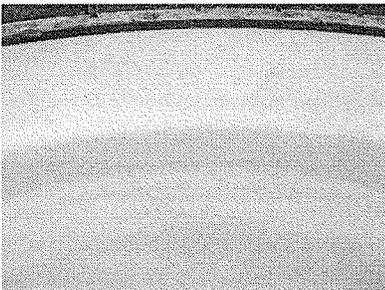
- flama alta de quemador central.
- flama alta de soplete trasero.
- flama alta de soplete delantero
- exceso de basculaciones en el cocimiento del material del esponjante.

**Solución:**

- ajustar intensidad de flama de quemador central con turbos y gas.
- ajustar intensidad de flama de soplete trasero.
- ajustar intensidad de flama de soplete delantero
- ajustar programa de cocimiento de material esponjante.

**Figura 51. Quemado**

Por la intensidad del quemado  
Se podría reacondicionar  
Quemada podría ser: rechazado



de acuerdo al área quemada  
y a la intensidad de lo quemado  
esta pieza es: rechazada



Por la intensidad del quemado  
Este es: rechazo



**Fuente: Grupo Rotoplas**

### 3.1.1.3.5 Verificar los resultados

Los resultados dependerán en gran medida de la capacitación que se imparta a los operarios respecto al anterior manual de defectos que se ha elaborado. Dicho manual define las principales causas de rechazo interno, además se analiza su causa, y se enlistan una serie de acciones correctivas las cuales el operario debe considerar en el momento que detecta una pieza defectuosa. La pronta acción ante dichas desviaciones será de vital importancia, para así evitar que la maquinaria este arrojando unidades defectuosas a cada momento.

Los líderes de cada área deben de estar muy comprometidos con dichos sistemas de control ya que estos serán quienes velen por el seguimiento de dicho sistema.

### 3.1.1.4 Control

Para asegurar la consistencia del sistema y sus objetivos se ha diseñado un sistema de control, el cual nos detalla paso a paso, el procedimiento de inspección, así como las precauciones a considerar por parte del operario, en los puntos críticos del proceso. El sistema de control se enfoca en tres procesos, primero en la recepción de materia prima y accesorios, en el cual se especifica la variable o atributo de control, la frecuencia, el tamaño de la muestra, el método de evaluación, su especificación y tolerancia y por ultimo el responsable de dicho procedimiento.

El siguiente proceso a controlar es el de recepción de resinas, en el cual se especifica la variable o atributo de control, la frecuencia, el tamaño de la muestra, el método de evaluación, su especificación y tolerancia y por último el responsable de dicho procedimiento.



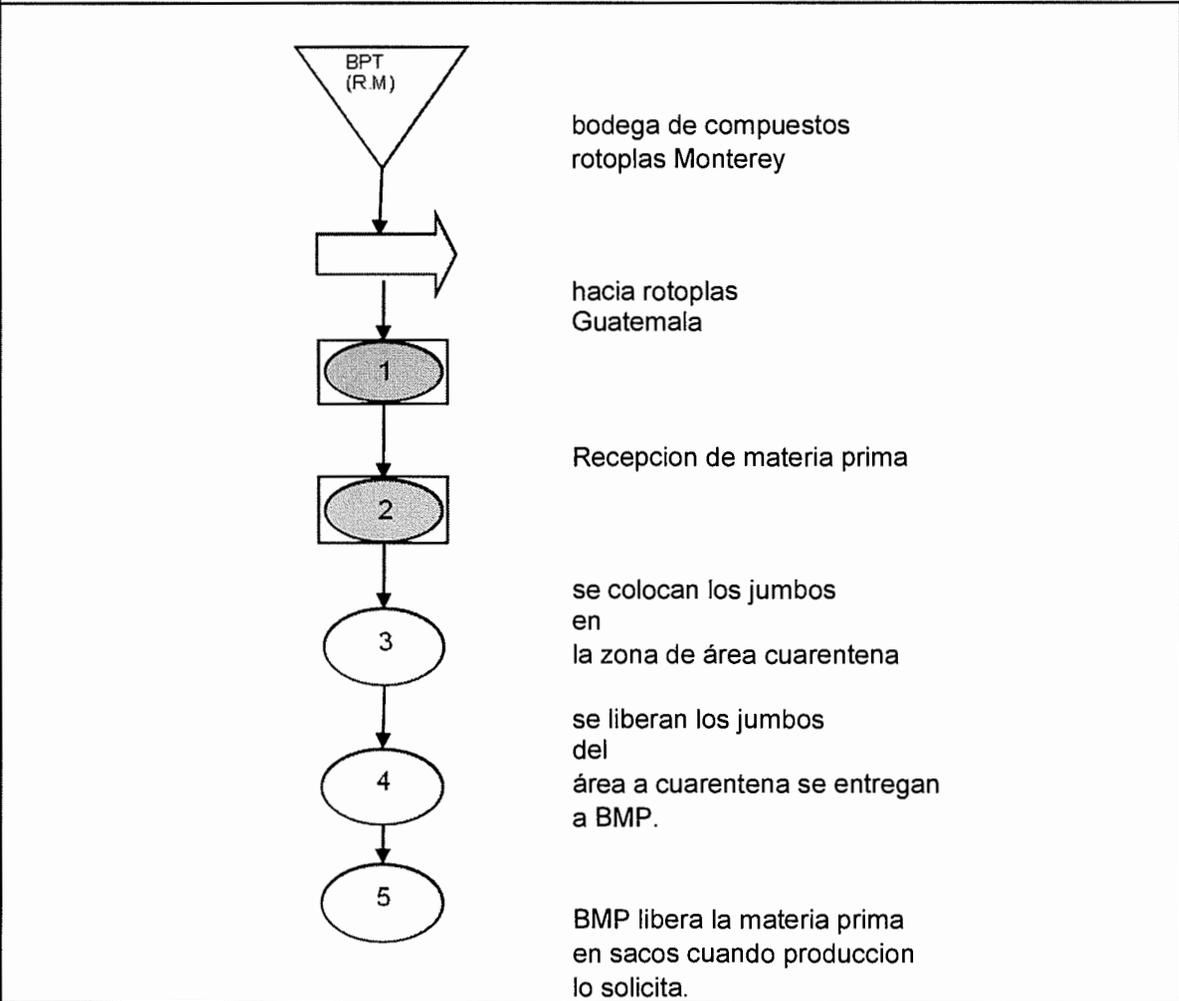
A continuación se presenta una tabla, donde se especifica, paso a paso, el procedimiento en la recepción de materia prima, seguido de su respectivo diagrama de operación.

Tabla IX. Recepción de materia prima.									
PROCESO			MUESTREO						
No.	DESCRIPCIÓN	VARIABLE O ATRIBUTO DE CONTROL	FRECUENCIA	No MÍNIMO DE MUESTRAS	MÉTODO DE EVALUACIÓN	ESPECIFICACIÓN Y TOLERANCIA	RESPONSABLE		
1	Se revisan los sacos de M.P	sacos dañados con fisuras	c/jumbo	todos los jumbos	visual	no deben de haber pedido mucho material y sin trapos	MELVIN		
2.1	Ingresar M.P al área cuarentena y se compara con certificado de calidad	Granulometría	10%	1	10 min. En el Tamiz	Dm: mínima 0.283 y máxima 0.345	Dpto. de calidad		
2.2	Ingresar M.P al área cuarentena y se compara con certificado de calidad	Fluidez seca	10%	1	pendiente	g/seg : 2 mínima, 6.5 promedio, 11 máxima	Dpto. de calidad		
2.3	Ingresar M.P al área cuarentena y se compara con certificado de calidad	Densidad aparente	10%	1	pendiente	g/cm3: 34 mínima, 40 promedio, y 44 máxima	Dpto. de calidad		
2.4	Ingresar M.P al área cuarentena y se compara con certificado de calidad	Suciedad y Humedad	10%	1	pendiente	pasa no pasa	Dpto. de calidad		

Fuente: Grupo Rotoplas

**Figura 53. Proceso de recepción de materia prima**

Empresa: Grupo Rotoplas	Diagrama No.: 003
Departamento: Manufactura	Diagrama del método: Actual
Responsable:	Elaborado por: Guillermo Mata
Descripción del proceso: Fabricación de tinacos	Fecha de elaboración:
El diagrama empieza: Bodega de materia prima	Hoja número de
El diagrama termina: Bodega de producto terminado	



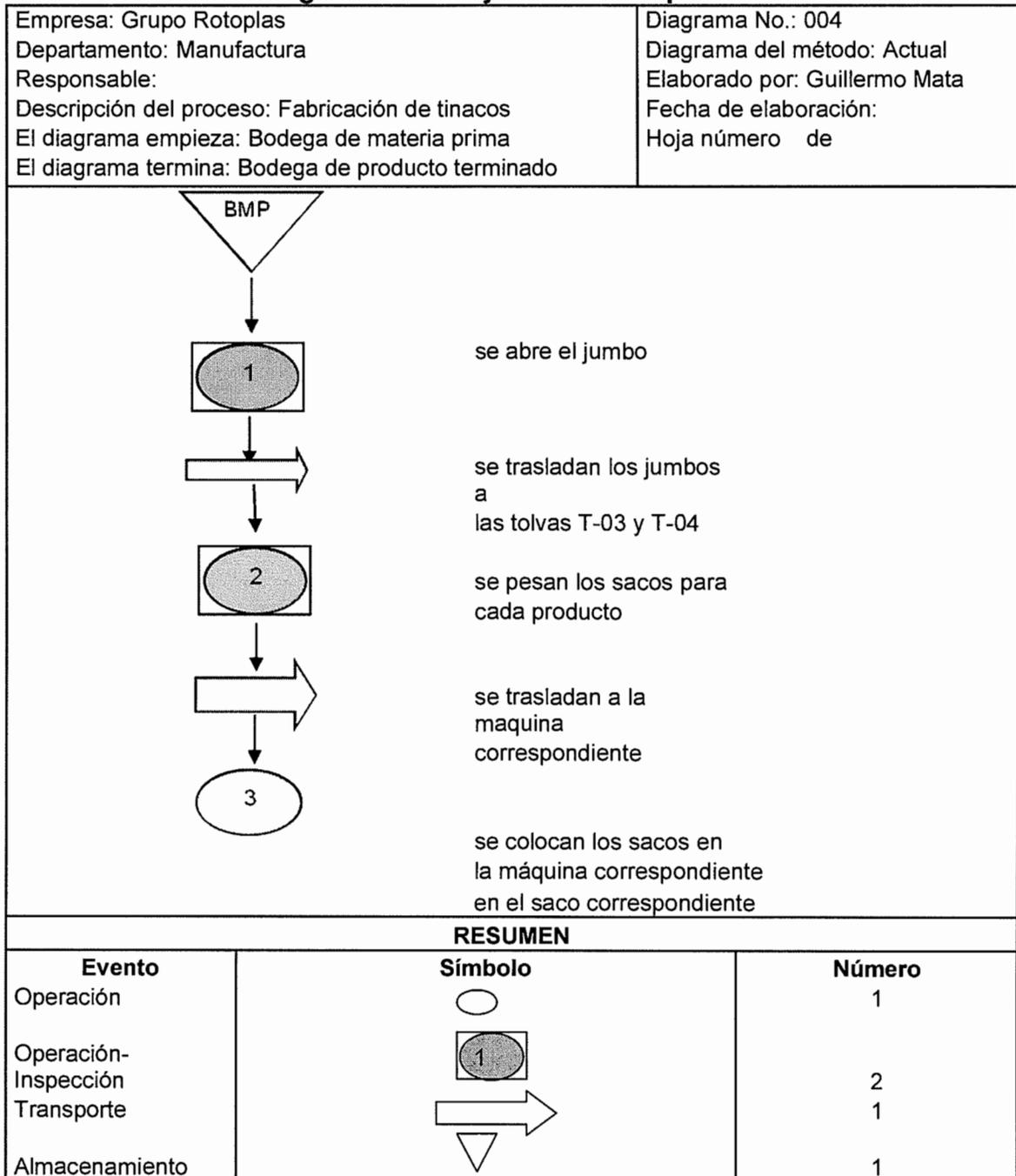
Evento	RESUMEN Símbolo	Número
Operación		3
Operación-Inspección		2
Transporte		1
Almacenamiento		2

**Fuente: Grupo Rotoplas**

Tabla X. Manejo de materia prima. NEGRO B/D Y ROTOESPUMA									
PROCESO			MUESTREO			ESPECIFICACIONES			
No.	DESCRIPCIÓN	VARIABLE O ATRIBUTO DE CONTROL	FRECUENCIA	No MÍNIMO DE MUESTRAS	MÉTODO DE EVALUACIÓN	ESPECIFICACIÓN Y TOLERANCIA	RESPONSABLE		
1	Se revisan los sacos de M.P	suciedad y humedad	c/jumbo	todos los jumbos	visual	pendiente	pesado/bodega		
2	Colocar una malla en la entrada de las tolvas para evitar contaminación	contaminado	cada jumbo				pesado		
2	Se ingresa el peso a las tolvas para obtener el saco con el peso correspondiente a cada producto	suciedad	c/bolsa	todas las bolsas	visual	pendiente	pesado		
2	calibración manual de T-03 y T-04	calibración	cada mes	2	R&R	pendiente	Dpto. de calidad		
2	hoja de arranque y validación del proceso	peso exacto	todos los días	1 saco de cada producto en línea	hoja de arranque y validación del proceso	≈ 0.05 Kg.	Dpto. de calidad		
2	se mantiene calibradas T-1 T-02 T-03, T-04, T-05 y T-06	calibración	cada año	10	certificado de calibración	pendiente	Dpto. de calidad		

Fuente: Grupo Rotoplás

**Figura 54. Manejo de materia prima**



**Fuente: Grupo Rotoplas**

El procedimiento anterior, se refiere al manejo de resinas, de bodega de materia prima a línea de producción, en con lo cual se garantizara que los sacos utilizados en producción llevaran el peso especificado para cada producto, evitando así, rechazo por falta de peso en el producto, y con esto estableciendo más control en la distribución y manejo de materiales.

**Tabla XI. Sistema de control rotomoldeo**

PROCESO			MUESTREO			ESPECIFICACIONES		
No.	DESCRIPCIÓN	VARIABLE O ATRIBUTO DE CONTROL	FRECUENCIA	No. MÍNIMO DE MUESTRAS	MÉTODO DE EVALUACIÓN	ESPECIFICACIÓN Y TOLERANCIA	RESPONSABLE	
1.1	Arranque de producción	Requisitos de arranque	1ra quema	1	Visual y de verificación	Especificaciones de Hoja de arranque	Operario	
1.2	Validación del proceso, verificación de Hoja de Arranque	Requisitos de arranque	1ra quema	1	Visual y de verificación	Especificaciones de Hoja de arranque	Dpto. de calidad	
2	Limpieza de cono interno con esponja verde	Limpieza del cono	Antes de la 1ra quema en la mañana	1	visual	pendiente	Operario	
4	se calienta en molde aprox. 20 seg.	temperatura	Antes de la 1ra quema en la mañana	----			Operario	
6	Con ayuda de la lámpara se observa el cocimiento del material	cocimiento	todas las quemas	----	visual	pendiente	Operario	
10	Se verifica que las espreas estén destapadas	Enfriamiento	todas las quemas	----	visual	----	Operario	
11	Revisar El tinaco	Claridad, torcido, contaminado, degradado, débil y quemado	todas las quemas	no hay mínimo	visual	Manual de defectos	Operario	
12	Termo fundido revisa claridad	Claridad y contaminado	todas las quemas	no hay mínimo	visual	Manual de defectos	termofundido	
13	Serigrafía	Conexión bien termofundida	todos los productos	no hay mínimo	visual	Manual de defectos	Serigrafía	
16	se avisa al auditor de procesos / supervisor la salida de producto	todos los defectos	100%	no hay mínimo	visual	Manual de defectos	Produccion/ calidad	

**Fuente: Grupo Rotoplas**

Con esto esta definido el sistema de control, enfocándonos básicamente en los tres procesos básicos, en producción, dándole mayor énfasis al proceso de rotomoldeo ya que es este el proceso critico, y en el cual se centra nuestro proyecto.

#### **3.1.1.4.2 Validad el sistema de control**

El sistema de control se validada, de acuerdo a los resultados que este arroje. Al final de cada semestre se analizaran los resultados que se observará su desempeño y se implementaran acciones correctivas para que este sistema de control permanezca vigente y actualizado de acuerdo a los cambios y mejoras realizadas a cada proceso. Dichas actualizaciones o mejoras serán propuestas por el comité de calidad.

#### **3.1.1.4.3 Auditar el sistema de control**

Con el objetivo de estandarizar los procesos y velar por el cumplimiento de los instructivos de trabajo, a continuación se presentan los formatos que se utilizaran como herramienta para auditar el proceso critico, que es el proceso de rotomoldeo, además, se presenta el formato para auditar el área de terminados y peso.

#### **3.1.1.4.4 Cálculo del resultado de mejora**

Los resultados de mejora se podrán observar luego del primer semestre de ejecución del proyecto, dichos resultados se observaran cuando se comparen los resultados en base a los objetivos establecidos.

**Figura 55. Auditorías de proceso**

<b>REPORTE DE AUDITORIAS DE PROCESO ROTOMOLDEO</b>			
			RC-SAC-04-FO
<b>Fecha:</b> _____ <b>Turno:</b> _____ <b>Hora:</b> _____			
<b>Máquina y/o Área:</b> _____ <b>Operador:</b> _____			
MOLDEO			
ASPECTO AUDITABLE	C	NC	OBSERVACIONES
CONOCIMIENTO POLITICA DE CALIDAD			
CONOCIMIENTO DE DOCTOS DEL SAC.			
EQUIPO DE SEGURIDAD			
CONDICIONES DE PROCESO			
ESTADO DE LA MAQUINA			
ESTADO DE LOS MOLDES			
ESTADO DE QUEMADORES			
MARCADA DE PLACA			
CONOS			
GARRUCHA			
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO			
PISTOLAS NEUMÁTICAS			
LAMPARAS			
TORNILLO Y TUERCAS			
MECHEROS			
MANEJO DE MATERIA PRIMA			
ORDEN Y LIMPIEZA			
IDENTIFICACION DE PRODUCTO			
LLENADO REPORTE DEL OPERADOR			
MANEJO ADECUADO DEL DESMOLDANTE			
CONOCIMIENTO DE DEFECTO DE PRODUCTO NO CONFORME			
AUTOINSPECION			
NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITADO	NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR	NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITOR	

**Fuente: Grupo Rotoplas**

**Figura 56. Auditorias a proceso terminado**

REPORTE DE AUDITORIAS A PROCESO			
TERMINADOS			
Fecha: _____ Turno: _____ Hora: _____			
Área: _____ Operador: _____			
ASPECTO AUDITABLE	TERMINADOS		OBSERVACIONES
	C	NC	
CONOCIMIENTO POLITICA DE CALIDAD			
CONOCIMIENTO DE DOCTOS DEL SAC.			
EQUIPO DE SEGURIDAD			
ESTADO DE MALLAS			
RASEROS			
SOPLETES			
RAUTHER			
TALADROS			
FRESAS DE COPA			
ASPIRADORA			
CALADORA			
MAQUINA TAPERA			
DADOS DEL CALENTAMIENTO Y ESTADO GRAL.			
TERMOFUSOR Y ESTADO GRAL. DE ESTRUCTURA			
CALIDAD EN LA SERIGRAFIA			
ORDEN Y LIMPIEZA EN EL AREA			
LIMPIEZA DEL PRODUCTO			
CORTE DE LA BOCA			
COLOCACION DEL ARO			
REBABEO DEL ARO			
PERFORACION DE LAS CONEXIONES			
COLOCACION DE LA CONEXIÓN			
SERIGRAFIA EN AMBOS LADOS Y ETIQUETAS			
FLAMEADO			
ASPIRADO			
NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITADO	NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR	NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITOR	

**Fuente: Grupo Rotoplas**

**Figura 57. Auditorias de proceso pesado**

<b>REPORTE DE AUDITORIAS DE PROCESO PESADO</b>
--

RC-SAC-06-FO

Fecha: _____	Turno: _____	Hora: _____
Máquina y/o Área: _____		Operador: _____

MOLDEO			
ASPECTO AUDITABLE	C	NC	OBSERVACIONES
CONOCIMIENTO POLITICA DE CALIDAD			
CONOCIMIENTO DE DOCTOS DEL SAC.			
EQUIPO DE SEGURIDAD			
CONDICIONES DE PROCESO			
ESTADO DE LAS TOLVAS			
ESTADO DE BASCULAS ENSACADORAS			
ESTADO DE LOS SACOS			
ESTADO DE LAS BASCULAS			
MANEJO DE MATERIA PRIMA			
ORDEN Y LIMPIEZA			
IDENTIFICACION DE PRODUCTO			
AUTOINSPECION			

NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITADO	NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR	NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITOR

**Fuente: Grupo Rotoplas**

### **3.1.2 Control de resultados**

La filosofía Seis Sigma, precisa de una metodología para la confirmación de sus resultados. Debemos por tanto definir unos indicadores que nos permitan visualizar la evolución del proyecto de forma global.

#### **3.1.2.1 Indicadores**

Los indicadores son necesarios pues no podemos basar nuestras decisiones en la simple intuición y nos ayudara, además, a ser objetivos prescindiendo de tópicos y prejuicios.

Los indicadores nos mostraran los puntos problemáticos de nuestro proceso, ya sea falta de capacidad del proceso productivo producido por un cuello de botella concreto, excesivo almacenaje de producto terminado, etc.

Los indicadores nos ayudaran a caracterizar, comprender y confirmar nuestros procesos, destacando aquellas variables que afectan a sus dimensiones críticas. Mediante el control de resultados sabremos si estamos suministrando la calidad que nuestro cliente espera.

La mejora de los indicadores es la mejor arma de motivación del personal involucrado en el proyecto seis sigma y el argumento mas contundente para vencer la resistencia al cambio a la que nos pudiéramos enfrentar.

Mediante los indicadores podremos determinar la estabilidad de nuestro procesote de rotomoldeo y su variabilidad, siendo esta una de las principales causas de generación de costos de no-calidad.

El cuadro de control de indicadores nos permitirá, en definitiva, tener un punto de referencia, y será una herramienta de gran valor para fijar objetivos de mejora. Los indicadores a considerar para dicho cuadro de control, son los que hacen referencia o están relacionados el con el costo, la agenda y prestaciones, siendo estos indicadores los mas representativos. Los cuales se detallaran a continuación.

#### **3.1.2.1.1 Relacionados con el costo**

Estos indicadores, nos ayudaran a evaluar los costos ocasionados, por las operaciones productivas, tales como:

- Costos de mano de obra
- Costos de energía consumida
- Costos de materia prima, de despilfarro y reciclaje de materiales
- Costos de transporte.

Con el análisis de dichos costos, tendremos un panorama general del desarrollo de nuestro proyecto, y observar así la evolución de los resultados obtenidos, todo esto con el objetivo de tomar decisiones prontas y oportunas en el momento preciso.

#### **3.1.2.1.2 Relacionados con la agenda**

Es fundamental que en grupo rotoplas, la alta gerencia tome conciencia de la importancia que tiene para la organización, considerar los factores de cumplimiento de pedidos, el tiempo de formación, así moco también la curva de aprendizaje.

Esto con el objetivo de disminuir los costos de la no calidad debido a la falta de capacitación del personal operativo, establecer de acuerdo a la curva de aprendizaje el tiempo mínimo que un operario debe de capacitarse, esto se analizará a continuación a traves de la curva de aprendizaje.

En los actuales centros de trabajo, los cambios se producen rápidamente; y donde existen cambios hay algo que aprender. Mediante la instrucción y la repetición, los trabajadores aprenden a realizar con más eficiencia sus labores y, por lo tanto, reducen el número de horas de mano de obra directa por unidad producida.

Las organizaciones aprenden, igual que los trabajadores. El aprendizaje organizacional implica adquirir experiencia con procesos. Las mejoras de productividad se logran con mayor calidad en métodos, o supervisión y también a traves del aprendizaje individual del trabajador.

El efecto de aprendizaje puede representarse por medio de una línea llamada *curva de aprendizaje*, que muestra la relación entre mano de obra directa total por unidad y la cantidad acumulada del producto producido. La curva de aprendizaje se refiere a una tarea o empleo repetitivo y presenta la relación entre la experiencia y la productividad: el tiempo necesario para producir una unidad disminuye a medida que el operario produce más unidades.

Cuando decimos desarrollar una curva de aprendizaje, partimos de las siguientes suposiciones:

- La mano de obra necesaria para producir la  $n + 1^a$ . Unidad será siempre menor que la mano de obra directa requerida para fabricar la  $n$ -esima unidad.

- La necesidad de mano de obra directa disminuida a una tasa descendente, a medida que se incrementa la producción acumulada.
- La reducción, en términos de tiempo, seguirá una curva exponencial.

En otras palabras, el tiempo de producción por unidad se reduce en un porcentaje fijo cada vez que la producción se duplica. Podemos emplear un modelo logarítmico para trazar una curva de aprendizaje. La mano de obra directa que requiere la n-esima unidad,  $k_n$ , es

$$K_n = K_1 * N^b$$

Donde:

- $K_1$  = horas de mano de obra directa para la primera unidad
- $N$  = número acumulativo de unidades producidas
- $B = \text{Log}(r) / \text{Log}(2)$
- $r$  = tasa de aprendizaje

---

<sup>2</sup> modelo logarítmico para trazar una curva de aprendizaje.

**Tabla XII. Factores de conversión**

FACTORES DE CONVERSION PARA EL NUMERO ACUMULATIVO PROMEDIO DE HORAS DE MANO DE OBRA DIRECTA POR UNIDAD	
n = PRODUCCION ACUMULADA	
n	TASA DE PORCENTAJE 80%
1	1
2	0.9
3	0.83403
4	0.78553
5	0.74755
6	0.71657
7	0.69056
8	0.66824
9	0.64876
10	0.63154
11	0.61613
12	0.60224
13	0.5896
14	0.57802
15	0.56737
16	0.55751
17	0.54834
18	0.53979
19	0.53178
20	0.52425
21	0.51715
22	0.51045
23	0.5041
24	0.49808
25	0.49234
26	0.48688
27	0.48167
28	0.47668
29	0.47191
30	0.46733
31	0.46293
32	0.45871
33	0.45464
34	0.45072
35	0.44694
36	0.44329
37	0.43976
38	0.43634
39	0.43304
	40
64	0.37382

**Fuente: Grupo Rotoplas**

Se pretende con la curva de aprendizaje, y el plan de producción proyectar los requisitos de mano de obra directa, para así estimar las necesidades de capacitación y desarrollar planes de producción y de personal.

### **3.1.2.1.3 Relacionados con las prestaciones**

El indicador clave a utilizar relacionado con las prestaciones será las quejas producidas por la no conformidad del producto en relación a los estándares para los que ha sido fabricado, se realizará con base al número de quejas de los clientes atendidos.

**Reclamo:** es toda manifestación de insatisfacción de parte del distribuidor y/o consumidor final sobre el producto y/o su funcionamiento. Reclamo no es sinónimo de devolución o reposición.

**Servicio técnico:** es un servicio prestado al distribuidor o consumidor final que tiene como objetivo la asistencia técnica sobre instalación, uso o mejora de su producto. La garantía de calidad cubre los defectos de fabricación, no cubre mal manejo por parte del distribuidor o cliente. Como política de ventas, si el gerente de ventas lo autoriza, en caso de mal manejo por parte de los clientes, se le puede ofrecer producto a 1/2 de precio.

Si necesita ingresar un reclamo o solicitar un servicio técnico deberá llenar el siguiente formato de registro y entregarlo a servicio al cliente o al departamento de aseguramiento de la calidad.

Fuente: Grupo Kofax

Figura 58. Registro de reclamos y servicios técnicos.

**ROTOPLAS** más y mejor agua

**REGISTRO DE RECLAMOS Y SERVICIOS TÉCNICOS** RC-SAC-08-FO

Fecha		No. Reclamo o Servicio Técnico	
Nombre del Cliente		Código del Cliente	
Teléfono/Celular		Contacto con Cliente	
Dirección			
Producto		Cantidad	
Persona que recibe el reclamo		Firma del receptor del reclamo	
Reclamo	Servicio Técnico		

**DESCRIPCIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**BODEGA**

No. Recepción de Bodega \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Recibido por: \_\_\_\_\_

**GERENCIA DE VENTAS**

¿Gerencia de ventas aprueba cambio del producto? Si \_\_\_ No \_\_\_

Fotografía Adjunta a Reclamo: Si \_\_\_ No \_\_\_

Motivo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

**Resolución:**

Cambio por garantía	Asesoría
Reparación sin costo	Cambio a ½ precio
Reparación con costo	Valor de reparación

Firma Aseguramiento Calidad \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**FACTURACIÓN**

No. Factura/No. Envío: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ No. Nota Crédito: \_\_\_\_\_

Procesado por: \_\_\_\_\_ Forma de envío: \_\_\_\_\_

Fuente: Grupo Rotoplas

## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA EN LA EMPRESA**

### **4.1 Decisión del cambio**

Grupo rotoplas, considera la calidad en sus productos terminados como su mas eficiente herramienta competitiva, gracias a ello mantiene una considerable ventaja sobre la competencia en la cuota de mercado.

Pero consiente de los cambios actuales, tanto en tecnología como en procesos, ve la necesidad de implementar una herramienta administrativa que ayude al aseguramiento de la calidad, con el objetivo de mantener y mejorar la cuota de mercado actual.

#### **4.1.1 La Alta Dirección está convencida de la necesidad de Seis Sigma**

Con el objetivo de incrementar las márgenes de utilidad mediante la disminución en los costos de operación, la alta dirección de grupo rotoplas, ve la necesidad de implementar Seis Sigma, como una herramienta administrativa para el aseguramiento de la calidad, ya que a través de dicha implementación se pretende, disminuir costos tales como:

- Disminución en los costos de garantía
- Disminución en los costos por servicio técnico
- Disminución en los costos de desperdicio
- Incremento en el ciclo de vida del producto
- Incremento en la satisfacción del cliente
- Mejorar la cuota de mercado

Por tal razón, la Alta Dirección ha manifestado su interés y apoyo para la puesta en marcha de dicho proyecto.

#### **4.1.2 Formación de champions**

Un champions, es una persona con responsabilidades de liderazgo sobre un determinado proceso de una empresa. Tiene entre sus funciones, alinear los proyectos a las estrategias de la empresa, remover barreras organizacionales, facilitar el desarrollo de los proyectos desde un punto de vista gerencial y planificar adecuadamente el despliegue de la metodología.

De acuerdo a la filosofía seis sigma, debe capacitarse un champions por cada centro de manufactura, de acuerdo a lo anterior, grupo rotoplas ha decidido invertir en la formación de dicha persona, eligiendo para ello al gerente reproducción, esta decisión se tomo en base a su experiencia, conocimiento del proceso de rotomoldeo, habilidad numérica, conocimientos estadísticos, y por su buen desempeño en la creación y dirección de grupos de trabajo.

El objetivo de la capacitación de dicho líder es, aplicar la metodología Seis Sigma en proyectos concretos de mejora de procesos, mediante el desarrollo de habilidades a través del estudio y aplicación de los enfoques, conceptos y herramientas estadísticas que se han usado con éxito en la solución de problemas y reducción de la variabilidad en operaciones de manufactura.

Dicha capacitación tendrá una duración de 3 días, y un costo de Q18, 500.00, el contenido del curso se presenta a continuación. Dicha capacitación será impartida por el IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

## Día 1

- Introducción a la metodología Seis Sigma
- Roles y responsabilidades en un despliegue Seis Sigma
- La naturaleza de los proyectos (transaccionales vs operacionales)
- Estudio de la catapulta Seis Sigma

## Día 2

- Selección y jerarquización de proyectos
- Alcance y definición de proyectos

## Día 3

- Caso de estudio sobre selección de proyectos
- Conceptos y herramientas de M-A-I-C (Medición - Análisis - Incremento - Control)
- Alcance y definición de proyectos

Con la capacitación de dicho líder, se pretende que la implementación de Seis Sigma tenga el seguimiento debido, para que dicho proyecto de los resultados planteados, así conseguir las mejoras tanto en calidad como en disminución de costos debido a la disminución de la no calidad.

### **4.1.3 Selección del primer grupo de Black Belts**

El Black Belt es la persona que tutoriza o dirige un equipo de mejora Seis Sigma. Suelen recibir varias semanas de formación en análisis de procesos y habilidades para el manejo de reuniones. En entornos técnicos o de fabricación, la formación incluye herramientas estadísticas como muestreo, análisis multivariante y diseño de experimentos.

De acuerdo a la filosofía, esta establece que es recomendable capacitar a 2 black belts, por cada 100 empleados, grupo rotoplas cuenta en total con 65 empleados, por tal razón, la alta dirección ha decidido en la formación de dos black belts. Dicha capacitación será impartida por el IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación con un costo de Q.18,500.00

Para la formación de dichas personas se ha elegido a un auditor de procesos y a un supervisor de producción.

#### **4.1.4 Fijar el primer objetivo corporativo de mediano plazo en relación a Seis Sigma**

Como se ha planteado anteriormente, el mayor problema de grupo rotoplas es la inestabilidad del proceso productivo, lo cual provoca altos índices de rechazo interno. Por lo antes expuesto, nuestro objetivo primordial es conseguir la estabilidad del proceso productivo, mediante la capacitación del grupo idóneo para la dirección y control de la implementación de seis sigma.

Como se mostró en capítulos anteriores, la empresa trabaja actualmente con un nivel dogma de  $3.7\sigma$ , por tal razón el objetivo de la corporación es conseguir un nivel de  $5\sigma$ , en un plazo de seis meses, para con esto disminuir el porcentaje de rechazo internote 2.53% a 0.90%, lo cual implica una disminución en las unidades rechazada de 11,696 a 4160 unidades rechazadas en un plazo de seis meses, todo esto traducido a quetzales significa disminuir los costos de la no calidad de Q.226,960 a Q.80724, con lo anterior habría una disminución neta de Q. 146,235.00 por cada semestre de producción, con lo cual queda justificada la inversión de la implementación de seis sigma.

#### **4.1.5 Se decide sobre la necesidad de ayuda en formación**

Grupo Rotoplas es una corporación de origen mexicano, por tal razón las decisiones se plantean a la dirección general, cuyas oficinas centrales operan en la ciudad de México.

La alta gerencia plantea la necesidad de formación a la dirección general para su aprobación y ayuda, en la capacitación del personal adecuado. Dichas capacitaciones se impartirán en México, por lo cual se pretende recibir el apoyo de las oficinas centrales, de grupo rotoplas, con la recepción y alojamiento de los participantes de dicha capacitación.

#### **4.2 Despliegue de objetivos**

Con el propósito de cumplir el objetivo corporativo, a continuación se desplegarán una serie de objetivos específicos, mediante los cuales se pretende obtener un incremento en los márgenes de utilidad de grupo rotoplas. Se pretende alcanzar dichos objetivos mediante la implementación de seis sigma como una herramienta administrativa para el aseguramiento de la calidad. Dichos objetivos son:

- Reducir los costos asociados a la baja calidad del producto, sobre todo los costos de reproceso y garantía.
- Reducir los costos de desperdicio de materia prima por producto rechazado.
- Aumentará el número de clientes satisfechos con sus productos, lo cual es vital para aumentar la competitividad de la empresa.

- **Incrementar los ingresos, como consecuencia de la eliminación de desperdicio**

- **Eficientar la utilización de los recursos**
- **Disminuir la variabilidad en nuestros procesos**
- **Estandarizar nuestros procesos, mediante la capacitación de los operarios**

#### **4.2.1 Información a la Organización**

**El comité de calidad, ha organizado una serie de conferencias con las cuales se pretende, informar a todos los departamentos de la corporación, sobre los planes de implementación del proyecto.**

**Dichas conferencias se han organizado por departamentos, en las cuales se les dará una presentación con los puntos siguientes:**

- **¿Qué es Seis Sigma?**
- **¿Quiénes están involucrados en el desarrollo del proyecto?**
- **Objetivos del proyecto**
- **Cuándo inicia dicho proyecto**
- **Tipo de colaboración que se necesita de todo el personal.**
- **Etc.**

**Recomendando a los jefes de cada área tomar las medidas necesarias en la planificación de sus actividades, para que no haya interrupción en sus labores diarias.**

**Además se utilizaran otros medios de información, tales como: correo electrónico, afiches, etc.**

#### **4.2.2 Formación del primer grupo Black Belts**

Como se ha mencionado grupo rotoplas ha decidido invertir en la capacitación de dos personas en la formación de black belts, a continuación se muestra la estructura de dicha capacitación.

El programa es estructurado en 4 semanas de entrenamiento (de 6 días cada una: lunes a sábado) y siguen, aproximadamente, las etapas del D-M-A-I-C (total de 192 horas aula y horas adicionales de estudio y aplicación). Los temas abordados pueden ser modificados para atender las necesidades de Grupo Rotoplas. Dicha capacitación será impartida por el IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación, con un costo de Q 20,000.00

La formación contendrá las siguientes actividades, realizadas durante y entre las semanas de entrenamiento:

► Durante las semanas de entrenamiento:

- Entrenamiento de conceptos (teoría y aplicación en casos prácticos)
- Enseñanza de los asuntos previamente discutidos: los tópicos estudiados en la semana serán divididos entre los candidatos y estos deberán hacer presentaciones con duración mínima de 1 hora, que serán observadas por el instructor. Al final los candidatos recibirán comentarios de las presentaciones.

- **Apoyo en proyectos reales o simulados:** los candidatos dan apoyo para resolución de problemas típicos. Al final los candidatos reciben comentarios de estas secciones de apoyo.

- **Test de evaluación con duración inferior a 40 minutos para cada capítulo.** Son hechos con ayuda de materiales de consulta y deben ser completados sin ayuda de otros. Como los tests tienen exigencia mínima de aprobación de 80%, los candidatos deben revisar cuidadosamente los materiales de entrenamiento relacionados al asunto de los tests.

➤ **Entre las semanas de entrenamiento**

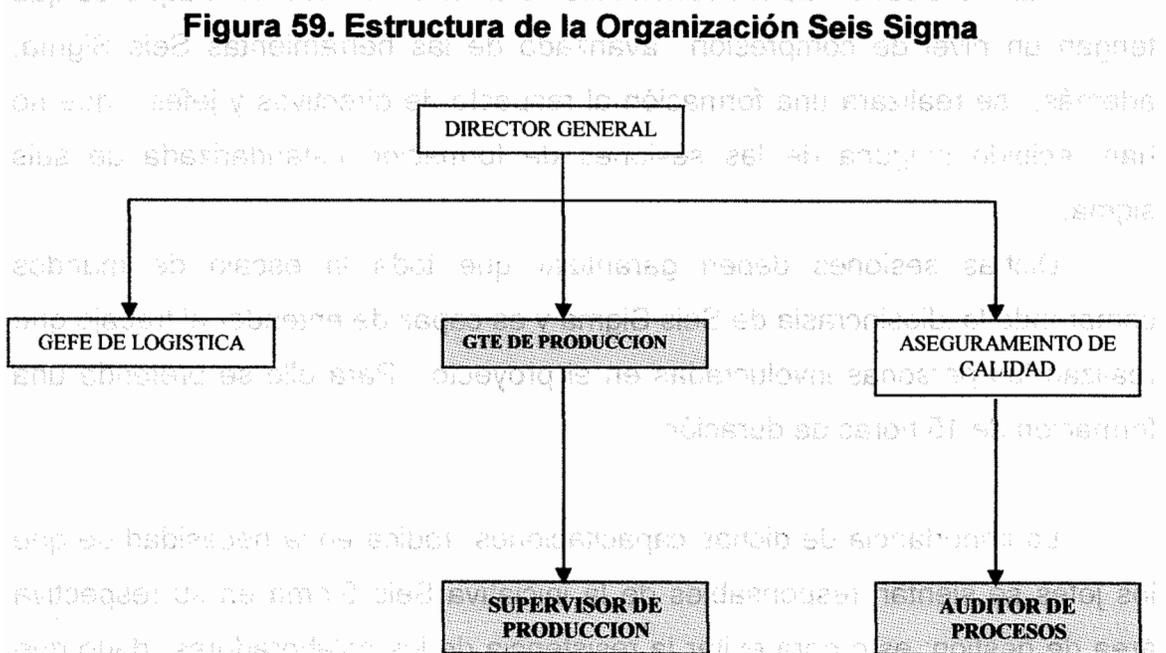
- **Las tareas o estudios de casos tienen duración que puede variar entre 30 minutos y algunas horas, y requieren usualmente lectura y análisis de datos.** Dichas tareas tienen fecha límite de entrega y son evaluadas como parte del proceso de certificación. Los candidatos pueden recibir colaboración para su resolución, pero podrán ser cuestionados a cualquier momento sobre la estrategia utilizada en la resolución.

**Grupo Rotoplas tiene planeado la formación primero del champions, luego de concluida la capacitación de dicho líder se procederá a la capacitación de los Black Belts.**

### 4.2.3 Crear la Estructura del Proyecto

La estructura para el desarrollo de seis sigma está basada en la creación de equipos de trabajo liderados por los cinturones Negros; según la importancia económica del proyecto. A su vez estos equipos están representados en el equipo de dirección de la empresa por los Champions, con el fin de dar apoyo y soporte a las actividades que el equipo de trabajo desarrolle.

Dado que Grupo Rotoplas cuenta con una pequeña estructura jerárquica, esto es, pocos gerentes dirigen las operaciones de la corporación, a continuación se muestra como esta definida la estructura del proyecto Seis Sigma.



Fuente: Grupo Rotoplas

C H A M P I O N S  
B L A C K  
B E L T S

Como se definió anteriormente, la organización solo decidió invertir en la formación de un champions y dos e black belts, estos serán quienes coordinen y dirijan el proyecto Seis Sigma. Sus deberes y responsabilidades ya fueron definidos en párrafos anteriores.

### **4.3 Desarrollo del proyecto**

El proyecto Seis Sigma es una iniciativa que debe abarcar todo el ámbito de la empresa. Tras la formación de los primeros expertos como los son el champion y los black belts, ha llegado el momento de seleccionar los responsables de cada departamento.

Para la elección de los candidatos se tomaran en cuenta a aquellos que tengan un nivel de comprensión avanzado de las herramientas Seis Sigma, además, se realizara una formación al respecto de directivos y jefes que no han recibido ninguna de las sesiones de formación estandarizada de seis sigma.

Dichas sesiones deben garantizar que toda la escala de mandos comprende la idiosincrasia de Seis Sigma y es capaz de entender el trabajo que realizan las personas involucradas en el proyecto. Para ello se pretende una formación de 15 horas de duración.

La importancia de dichas capacitaciones radica en la necesidad de que los jefes se sientan responsables de la iniciativa Seis Sigma en su respectiva área de gestión; esto para evitar la resistencia de los colaboradores dado que sin la participación de todos, el proyecto tiene pocas probabilidades de éxito pues no habrá sintonía entre la estructura del proyecto Seis Sigma y la Organización.

#### 4.3.1 Selección de expertos por departamento

En la tabla siguiente se muestran los expertos por cada departamento, seleccionados con base a lo descrito en los párrafos anteriores.

**Tabla XIII. Selección**

SELECCIÓN DE EXPERTOS POR DEPARTAMENTO	
DEPARTAMENTO	NÚMERO DE EXPERTOS
Producción	3
Logística	2
Ventas	3
Mercadeo	2
Recursos Humanos	1
Contabilidad	1
Aseguramiento de calidad	1

**Fuente: Grupo Rotoplas**

Las personas elegidas serán formadas en Seis Sigma y elaboraran ellos sus proyectos. Los expertos deben confirmar el correcto planteamiento de la metodología MAIC, sin olvidar el por que se realiza el proyecto y cual es el beneficio económico que de el se espera. Los líderes del proyecto velaran por la correcta identificación entre los proyectos que paulatinamente se vayan presentando. Se prestara especial atención al reconocimiento de los primeros resultados. Los lideres deben de asegurarse de que los objetivos de cada proyecto estén correctamente planteados ya que de lo contrario es posible que algunos proyectos no se traduzcan en beneficios al menos en el corto plazo y con esto aparecer los primeros síntomas de desanimo. Por tal razón, Grupo Rotoplas considera como una herramienta de motivación el reconocer públicamente los mejores proyectos y asegurarse que hay un método para la comunicación de los mismos en la empresa.

Luego de esto, la iniciativa ya ha sido lanzada. El champions conjuntamente con los responsables de cada departamento, debe velar por la periódica actualización del cuadro de control del proyecto, manteniendo así vivo el interés de la Organización.

#### **4.3.2 Formación jefe de departamento**

Ya elegidos los jefes de cada departamento procedemos a su formación, la cual estará basa en la explicación y funcionamiento de las herramientas principales de la filosofía Seis Sigma. Se les impartirá una inducción estadística, así como la utilización de herramientas tales como:

- Método de resolución de problemas

Este método se ha desarrollado conforme a las necesidades de Grupo Rotoplas, reestructurando sus definiciones y alineándolas, a las necesidades de la corporación, esto con el objetivo de que los jefes de área comprendan fácilmente el objetivo que persigue la empresa, será llevado a la práctica por los grupos especialmente formados a los efectos de dar solución a los diversos problemas.

- 1. Medir el problema.** Siempre es menester tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados también en valores monetarios. Para ello Grupo Rotoplas ha decidido mantener informado al personal, los niveles de rechazo interno que se maneja diariamente, mediante afiches publicados en áreas adecuadas.

2. **Enfocarse en el cliente.** Las necesidades y requerimientos del cliente son fundamentales, y ello debe tenerse siempre debidamente en consideración. Para ello la empresa mostrará a los jefes de los departamentos los reclamos de los clientes, esto con el objetivo de instarlos a pensar en mejoras al proceso.
3. **Verificar la causa raíz.** Es menester llegar hasta la razón fundamental o raíz, evitando quedarse sólo en los síntomas. Para ello se utilizará diagramas ishikawa, para los cuales se tiene planteado ya la capacitación necesaria para que los jefes comprendan dicha herramienta.
4. **Romper con los malos hábitos.** Un cambio de verdad requiere soluciones creativas.
5. **Gestionar los riesgos.** El probar y perfeccionar las soluciones es una parte esencial de la disciplina Seis Sigma. para ello, en lo que respecta al proceso de rotomoldeo, Grupo Rotoplas ha diseñado una resina de baja calidad, esto para disminuir los costos que incurrirán en ensayos de nuevos procesos, ya que los ensayos son destructivos.
6. **Medir los resultados.** El seguimiento de cualquier solución es verificar su impacto real.
7. **Sostener el cambio.** La clave final es lograr que el cambio perdure.

### 4.3.3 Formación continuada de expertos y especialista

Grupo Rotoplas conjuntamente con el comité de calidad han planeado un sistema de capacitación constante para sus expertos y especialista, se tiene planeado renovar sus conocimientos cada 18 meses, esto con el fin de que sus lideres esten capacitados con las nuevas tendencia en cuanto a nuevos procedimientos y procesos.

### 4.3.4 Sistema de comunicación del proyecto

Se tiene planeado informar a todo el personal acerca del proyecto, por medios escritos como afiches, por medios electrónicos como correo electrónico y a traves de una conferencia, la cual será expuesta por la Alta Gerencia.

## **5. SEGUIMIENTO**

### **5.1 Análisis del cumplimiento de los objetivos**

Los cambios constantes en materia de tecnología de procesos, innovación en los procedimientos de trabajo, la alta automatización de las industrias, ha hecho que Grupo Rotoplas reaccione ante tales avances, por tal razón ha decidido invertir en un proyecto, talvez no tan innovador, pero si muy eficiente, como lo es Seis Sigma.

Es importante que la empresa este preparada para todos estos cambios, de lo contrario en un descuido, la competencia puede ganarles el terreno que por muchos años le ha pertenecido a Rotoplas, siendo los líderes en la producción y distribución de tinacos y tanques a nivel de Centro América.

Por lo anteriormente expuesto, Rotoplas pretende con el cumplimiento de sus objetivos, incrementar la brecha en la cuota de mercado ante la competencia, además de incrementar los márgenes de utilidad, lo cual traería como consecuencia lógica, una mejora en los sueldos y salarios de todo su personal.

Es importante destacar, que para el cumplimiento de dichos objetivos Grupo Rotoplas necesita de un alto nivel de compromiso de todo su personal, asegurarse que los lideres elegidos para echar en marcha esta iniciativa de mejora sientan el compromiso y la emoción de hacerlo.

Debemos tener presente que Seis Sigma no es un programa autodirigido, con lo cual queremos decir que, necesita de personas para que esto de resultados, por tal razón Grupo Rotoplas esta conciente de la motivación que debe de dar a su grupo de colaboradores, para que estos se sientan parte importante de la organización.

En resumen Grupo Rotoplas, pretende que sus objetivos se transformen en realidad, a través de una mejora, una mejora no solo en sus procesos productivos sino también, una mejora en sus relaciones interpersonales, en la calidad de vida que brinda a sus colaboradores, en fin una integración ideal entre hombre y máquina.

## **5.2 Comportamiento del proceso**

Se pretende que con el sistema de control implementado. La variabilidad del proceso disminuya de manera considerable, dado que es un sistema bastante completo, en el cual se han considerado los puntos críticos de todo el proceso, en los cuales se han plantado puntos de control para actuar rápidamente en el momento de una variabilidad durante el proceso productivo, y no esperar así a que salga mas de una pieza defectuosa antes de detectar dicha variación.

La acción pronta ante la más mínima variación durante el proceso, nos ayudara a mantener los índices de rechazo en niveles aceptables, será de mucha ayuda para ello, las auditorias al proceso, con las cuales se pretende determinar el nivel de conocimiento del empleado respecto al proceso productivo.

En caso de detectar alguna deficiencia en cuanto a sus conocimientos u experiencia darle la capacitación necesaria para hacer de este empleado altamente capacitado de acuerdo a las necesidades de la Corporación.

Como se mencionó anteriormente, el proceso crítico es el proceso de rotomoldeo, pero además se han considerado mantener en observación el proceso de pesado de materia prima, y el proceso de terminados.

Debido a que se observa que los porcentajes de rechazo debidos ha dichos procesos ha ido en aumento, por tal razón y con el objetivo de controlar la variabilidad de dichos procesos se han diseñado para ello sistemas de control y evitar así la variabilidad en dichas áreas.

### **5.3 Diferencia entre el desempeño actual y los objetivos**

Como se ha explicado en el objetivo corporativo, este pretende disminuir el rechazo interno de 2.53% a 0.90% en un semestre, a continuación se muestra una tabla con la proyección de dicho objetivo.

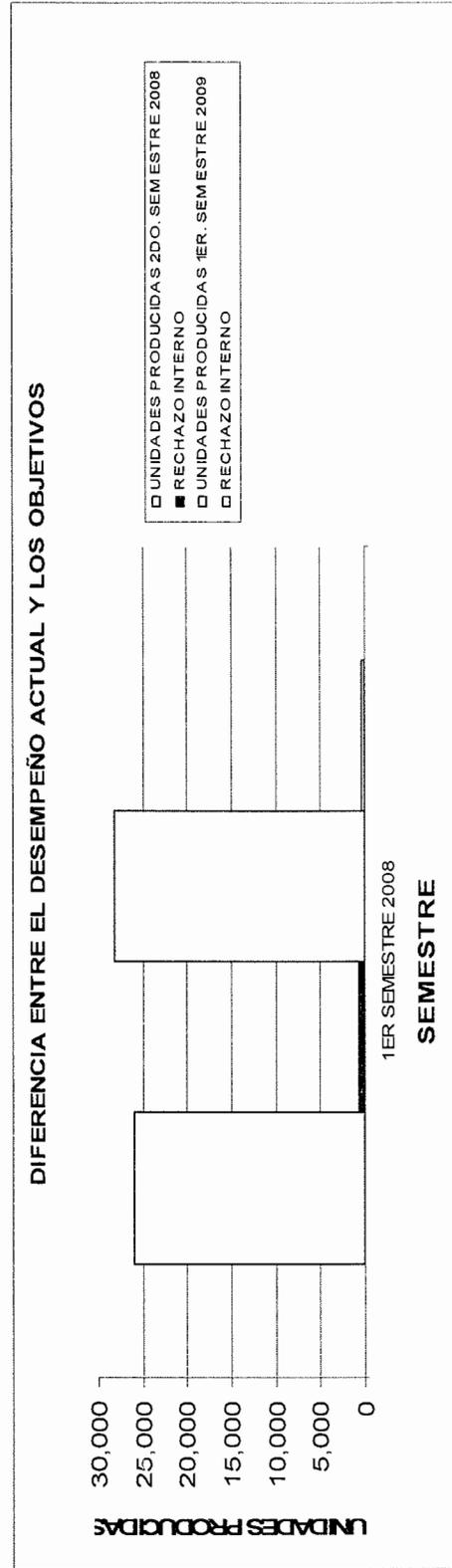
Dicha tabla nos muestra la diferencia tanto en niveles de producción como en porcentaje de rechazo, tomando como base el 2do semestre del año 2008 y el 1er semestre de 2009.

Para alcanza estos objetivos Grupo Rotoplas, ha apostado por la capacitación de los expertos ya mencionados anteriormente, como lo son el champions y los dos black betls, para que estos velen por el perfecto funcionamiento del sistema de control implantado en los procesos críticos.

**Tabla XIV. Diferencia entre desempeño y objetivos**

2DO SEMESTRE 2008		1ER SEMESTRE 2008		
MES	UNIDADES PRODUCIDAS 2DO. SEMESTRE 2008	RECHAZO INTERNO	UNIDADES PRODUCIDAS 1ER. SEMESTRE 2009	RECHAZO INTERNO
Julio	3,976	108	4200	60
Agosto	4,340	71	5600	50
Septiembre	5,760	115	4842	50
Octubre	4,264	110	5123	25
Noviembre	4,561	128	5600	40
Diciembre	3,040	124	2860	42
Total	25,941	656	28225	267

Porcentaje de Rechazo 2do semestre 2008	2.529%
Porcentaje de Rechazo 2do semestre 2009	0.95%



Fuente: Grupo Rotoplás

**5.4 Acciones correctivas** Considerando que el enemigo a vencer en Grupo Rotoplas es la variabilidad de su proceso productivo, las acciones correctivas van enfocadas a abatir dicha variabilidad.

Dichas acciones se consideraran tanto en el proceso crítico de rotomoldeo como en el proceso de llenado o pesado.

#### 1. Proceso de rotomoldeo

Como principal acción correctiva para dicho proceso, está la capacitación de sus operarios, el nivel de capacitación que se necesite será medido por las auditorías al proceso, que se realizarán periódicamente. Además se ha logrado observar el descuido de los operarios durante sus horas de trabajo, lo cual se pretende corregir a través de charlas motivacionales, para hacerles conciencia de la importancia de su trabajo para Grupo Rotoplas, y hacerlos sentirse parte importante en el desarrollo de las operaciones de la industria.

#### 2. Proceso de pesado.

El proceso de pesado es el proceso mediante el cual, el operario usando un sistema automático de básculas llena los sacos de resina, para distribuirlos a las distintas estaciones de trabajo.

La variabilidad de dicho proceso es causada por dos aspectos, la falta de conocimiento del operario del uso y programación de dichas básculas, lo cual se pretende corregir a través de la capacitación adecuada del operario, dicha capacitación será impartida por el proveedor de dichas básculas.

El segundo factor causante de la inestabilidad de dicho proceso es la mala calibración de dichas básculas, para cual se pretende llevar a cabo un sistema de calibración de las básculas, la calibración de dichas básculas se verificará cada seis meses y no cada año como se realiza actualmente.

#### 1. Proceso de calibración

El primer aspecto que se debe considerar para este proceso es la capacitación de los operarios en el uso de las básculas, para esto se pretende implementar un programa de capacitación que se realice periódicamente por los supervisores al personal que se realice periódicamente. Además se pretende observar el comportamiento de los operarios durante el uso de las básculas para poder detectar cualquier anomalía que se presente y poder corregirla a través de charlas motivacionales para mejorar el conocimiento de la importancia de su trabajo para el grupo y las actividades que se realizan en el desarrollo de las operaciones de la industria.

#### 2. Proceso de calibración

El proceso de calibración de las básculas se realiza actualmente de manera manual, para esto se pretende implementar un sistema de calibración de las básculas que se realice automáticamente a través de un software que se instale en las básculas.

## **CONCLUSIONES**

- 1.** Grupo Rotoplas optó por la implementación de Seis Sigma como una necesidad emergente, para así abatir su mas grande enemigo, la variabilidad, con el objetivo de disminuir esta, se utilizaron distintas herramientas, pero la mas significativa será el procedimiento MAIC descrito en todo el desarrollo de dicho proyecto, con esta herramienta se pretende disminuir los niveles de rechazo interno, para así obtener una mejora sustancial en los índices de ingresos de la Corporación.
- 2.** Los costos asociados a la mala calidad del producto se pretendenden disminuir a través de puntos de control especificos, detallados en el sistema de control, para ello es importante la colaboración de todo el personal involucrado en el proceso productivo.
- 3.** Una vez controlado el sistema productivo, mediante la implementación de Seis Sigma, y el correcto desempeño de sus líderes se logrará disminuir el rechazo interno, lo cual traerá como consecuencia lógica la disminución en los costos de desperdicio de materia prima.
- 4.** Con el funcionamiento de dicho proyecto, se pretende evitar que productos defectuosos lleguen hasta el consumidor final, evitando con esto la pérdida de clientes, debido a la mala calidad en nuestros productos.
- 5.** Como consecuencia de la disminución del rechazo interno, se obtendrá un incremento en las utilidades percibidas por la empresa, dado que se disminuirán los costos asociados por servicio técnico, estos asociados por cambios por garantía, reproceso y se verá un incremento considerable en la participación del mercado.

**6. Mediante el correcto funcionamiento de Seis Sigma, se pretende mantener un estado de control en todo el proceso productivo, lo cual traerá como consecuencia una correcta distribución de los recursos tanto humanos como materiales.**

**7. Debido a la implantación de un sistema de control ya descrito anteriormente, se logrará controlar la variabilidad del proceso productivo.**

**8. Debido a la capacitación de los líderes del proceso, se logrará estandarizar, tanto sus procesos como sus instrucciones de trabajo, tratando con esto que todos y cada uno de sus operarios siga un mismo procedimiento para la ejecución de sus tareas.**

## **RECOMENDACIONES**

- 1. Aprovechar el apoyo brindado por la alta gerencia en la implementación de dicho proyecto, tanto en recursos económicos como en tiempo.**
- 2. Aprovechar el respaldo que se tiene como empresa transnacional para conseguir con esto, los mejores centros de capacitación en distintos países de Latinoamérica, donde Industrias Rotoplas mantiene operaciones.**
- 3. Controlar constantemente los resultados obtenidos, para encontrar oportunidades de mejora, y darle el seguimiento adecuado a dicho proyecto y que esto no quede nada mas como una iniciativa de mejora.**
- 4. Repartir cierto porcentaje de los ingresos obtenidos por la implementación de dicho proyecto a los operarios, esto con el objetivo de lograr que estos se comprometan y se sientan parte del cambio.**
- 5. Capacitación a los operarios en las distintas plantas de Latinoamérica, tomando como referencia la planta modelo que se encuentra en la ciudad de México, para que estos conozcan la forma de trabajo de dicha planta, con el objetivo de estandarizar las instrucciones de trabajo.**
- 6. Darles seguimiento a los proyectos presentados por los líderes, para que todos los colaboradores sientan que la iniciativa es importante para la Organización y que éstos no queden en el olvido, lo cual causaría desaliento en los colaboradores.**

**7. Que los líderes mantengan una eficiente comunicación con todos los colaboradores de la organización y que presten mucha atención a sus ideas y motivarlos para que éstos den los frutos esperados.**

## BIBLIOGRAFÍA

- Ávila Calvillo, Andrea Descree*
1. Modelo para la Implementación y Aplicación de Seis Sigma, en Base a una Industria de Acero  
Guatemala Mayo 2006.
- Caal Galicia, Leonel Augusto*
2. Mejora continua mediante la utilización de Seis Sigma para la selección y asignación de recursos de sistemas en una empresa dedicada a la producción de Lámina Galvanizada.  
Guatemala Marzo de 2005.
- Eches, George*
3. El Seis Sigma para todos  
Grupo Editorial Norma, 2001.
- Enric Barba, Francesc Boix, Lluís Cuatrecasas*
4. Seis Sigma, Una Iniciativa de Calidad  
Gestión 2000.com.
- Gabor, A.*
5. Deming: El hombre que descubrió la calidad  
Granica, Buenos Aires.
- Gutiérrez Pulido, Humberto*
6. Calidad total y productividad  
Mcgraw Hill, Segunda Edición, 2003.
- Oriol Amat*
7. Costos de calidad y de no calidad  
Eada Gestión, primera edición, 1999.
- Torres, Pfeifer Tolo*
8. Manual de Gestión e Ingeniería de la Calidad  
Ed. Mira Editores, Zaragoza 1999.
- William E. Trisales*
9. Mejora del valor añadido en los procesos  
Gestión 2000.
- Wu, Yui y Wu*
10. Diseño robusto utilizando la Metodología Taguchi  
Ed. Díaz de Santos, Madrid, 1997.

