

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad De Ingeniería Mecánica y  
Ciencias De La Producción**

“Reducción de Desperdicios en una Industria Plástica mediante la  
Metodología de Mejora Continua en el Proceso de Inyección PVC”

## **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentado por:

**JAIME ANTONIO TOVAR CASTRO**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2007

## DEDICATORIA

Dedicado a mis padres: Hugo y Titina (†) que estuvieron siempre presentes durante mi carrera profesional y en el desarrollo de la presente tesis

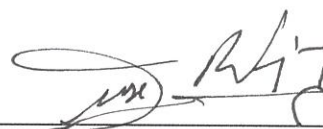
## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a mis hermanos Ronald y Paola, mi abuela Abigail, mi novia Adriana y toda mi familia que con su apoyo incondicional hicieron posible la culminación de la presente tesis

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



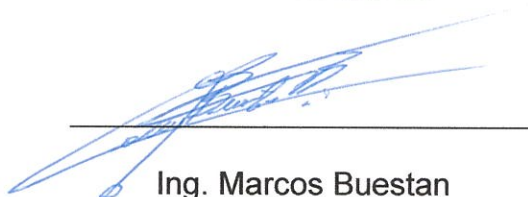
Dr. Kleber Barcia  
DELEGADO DEL DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE-VOCAL



Ms. Denisse Rodríguez  
DIRECTOR DE TESIS



CEB-ESPOL

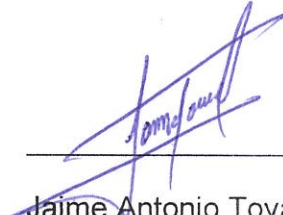


Ing. Marcos Buestan  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Jaime Antonio Tovar Castro

## RESUMEN

La presente tesis es un proyecto realizado en una de las principales industrias plásticas del país, localizada al norte de la provincia del Guayas, en el Cantón Duran, es parte de una compañía transnacional (desde 1991) líder en la fabricación de tuberías de PVC destinadas para la conducción de agua e instalaciones eléctricas.

La tendencia en aumento del desperdicio de materia prima (PVC) que se genera en la planta de producción, por múltiples causas que muchas veces no son analizadas por el personal de planta, motivó a la gerencia de producción a emprender un programa de mejoramiento continuo en el proceso de inyección de PVC, por ser la sección de producción donde se genera el más alto desperdicio de materia prima.

Por lo tanto los objetivos que se plantea la gerencia de producción y que son asumidos por la presente tesis, son desarrollar un sistema que logre reducir el desperdicio de materia prima de forma gradual y constante; que en la planta de inyección obtener mejoras en los procesos de producción sea una acción continua, y que tenga como base el compromiso de todos. La conformación de un comité de calidad necesita la participación positiva del

personal que lo conforma y es la vía seleccionada para lograr nuestros objetivos.

La metodología que se sigue es determinar las oportunidades de mejora, análisis costo - beneficio de dichas oportunidades, implementar mejoras y evaluar las mejoras implementadas.

La mejora continua aplicada en esta industria está basada en realizar cambios necesarios donde se detecten oportunidades de mejora en el proceso de producción. Los cambios realizados evidencian mejoras inmediatas por lo que realizar su continuidad es la manera de establecer, dicho cambio, como parte del proceso de producción y como un hábito laboral positivo en el personal de planta.

Los resultados esperados en este proyecto son reducir el desperdicio de materia prima generado en la planta de producción hasta el 1.60%; así como los tiempos de para en las máquinas para aumentar la eficiencia.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICOS.....</b>	<b>V</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificaciones.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Metodología.....	5
1.5 Estructura.....	8
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Herramientas estadísticas.....	11
2.1.1 Diagramas Causa – Efecto.....	14
2.1.2 Diagrama de Pareto.....	18
2.1.3 Histogramas.....	23
2.1.4 Estratificación.....	28



2.2	Filosofía Kaizen o el origen de la Mejora Continua.....	31
2.2.1	Elementos Dominantes (calidad, costo y entrega).....	36
2.3	Productos elaborados en la sección Inyección.....	56

### **CAPÍTULO 3**

3.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	63
3.1	Descripción del proceso de producción Inyección de PVC.....	63
3.2	Diagrama de Flujo Proceso de Inyección.....	65
3.3	Descripción de maquinas y equipos para la producción.....	67
3.4	Diagnóstico y Situación Actual.,.....	69
3.4.1	Desperdicio Mensual General.....	71
3.4.2	Desperdicio por Inyectora.....	73
3.4.3	Desperdicio por Tipo.....	73

### **CAPÍTULO 4**

4.	PROPUESTAS, IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE MEJORAS.....	79
4.1	Comité de calidad – Plan de Trabajo.....	79
4.2	Aplicación de herramientas de calidad.....	83
4.3	Propuestas de mejora.....	93
4.4	Análisis costo – beneficio.....	101
4.5	Medición de mejoras implementadas.....	108

### **CAPÍTULO 5**

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
----	-------------------------------------	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Ejemplo de mediciones.....	24
TABLA 2	Método de Intervalos.....	25
TABLA 3	Tabla de Frecuencias.....	26
TABLA 4	Procedencia de Materia Prima.....	57
TABLA 5	Temperatura de Elaboración.....	62
<b>TABLA 6</b>	<b>Características de las Tolvas.....</b>	<b>68</b>
TABLA 7	Índices de Producción Mensuales (Julio - Octubre 2004).....	72
TABLA 8	Desperdicios de Materia Prima En El Mes De Octubre.....	74
TABLA 9	Rendimiento de Inyectoras (Kg./H – Octubre).....	75
	TABLA 10 DATOS	
	INICIALES.....	76
TABLA 11	Cálculo de Pérdida Económica.....	78
TABLA 12	Desperdicio por Problemas de Calidad Octubre/2004).....	87
TABLA 13	Desperdicio por Problemas en los Moldes.....	89
TABLA 14	Índices de Producción Mensuales Noviembre.....	91
TABLA 15	Desperdicio Generado por Fallas en Moldes (Noviembre).....	92
<b>TABLA 16</b>	<b>Análisis de Costos por Mejoras.....</b>	<b>103</b>
<b>TABLA 17</b>	<b>Ingresos Estimados por Acciones de Mejora.....</b>	<b>106</b>
<b>TABLA 18</b>	<b>Rentabilidad Anual de Inversión.....</b>	<b>107</b>
<b>TABLA 19</b>	<b>Índices de Producción Mensuales Diciembre.....</b>	<b>109</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1	Diagrama De Flujo “Metodología De La Tesis”.....	8
GRÁFICO 2.1	Diagrama Causa-Efecto “La Torta se Quema en el Horno” .....	17
GRÁFICO 2.2	Gráfico de Pareto “Insatisfacción de Clientes en el Servicio de Cajero Automático”.....	22
GRÁFICO 2.3	Histograma Tiempo de Espera del Cliente.....	27
GRÁFICO 2.4	Histograma de las dos Secciones Juntas.....	30
GRÁFICO 2.5	Histogramas de Cada Sección.....	31
<b>GRÁFICO 2.6</b>	<b>Armazón del Molde.....</b>	<b>58</b>
GRÁFICO 2.7	Bebedero del Molde.....	59
GRÁFICO 2.8	Canales de Distribución.....	60
<b>GRÁFICO 3.1</b>	<b>Diagrama de Flujo Proceso de Inyección.....</b>	<b>66</b>
GRÁFICO 3.2	Índices de Producción Mensuales (Julio -Octubre 2004).....	72
GRÁFICO 4.1	Diagrama Causa – Efecto: “Desperdicio E Ineficiencia”.....	85
GRÁFICO 4.2	Desperdicio por Problemas de Calidad (Octubre/2004).....	88
<b>GRÁFICO 4.3</b>	<b>Pareto Desperdicio por Problemas en los Moldes.....</b>	<b>89</b>
GRÁFICO 4.4	Índices de Prod. Mensuales Noviembre.....	91
GRÁFICO 4.5	Mangueras Hidráulicas de los Moldes.....	93
GRÁFICO 4.6	Índices de Prod. Mensuales Diciembre.....	109

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La compañía donde se realizó esta tesis está localizada al norte de la provincia del Guayas, en el Cantón Durán, es una importante industria plástica transnacional líder en la fabricación de tuberías de PVC destinadas para la conducción de agua potable, aguas servidas e instalaciones eléctricas, requeridas en la industria de la construcción.

Creada el 12 de mayo de 1958 se estableció en Guayaquil con el propósito de satisfacer la demanda de los productores de banano por películas de polietileno. En 1972, es registrada la marca “PLASTIGAMA” para distinguir todos sus productos y se induce el lema comercial “Vive el Futuro”.

En 1991 Plastigama S.A. fue adquirida por el grupo Suizo Amanco que operaba en el Ecuador en la fábrica de tuberías Eterplast S.A.

La planta de producción cuenta con 4 procesos de producción:

**Inyección.**- Se dedica a la fabricación de accesorios tipo sanitario, los cuales están clasificados en:

- Accesorios PVC desagüe que son de color crema.
- Accesorios PVC presión son de color plomo.
- Accesorios Polipropileno que son de color rojo.

**Extrusión.**- Fabrican tuberías PVC para la diversidad de usos.

**Rotomoldeo.**- Fabrican tanques con diferentes modelos y capacidades.

**Accesorios Ensamblados.**- Es una área donde se ensamblan accesorios de acuerdo a las necesidades requeridas por el cliente.

## 1.2 Justificaciones

La Gerencia de producción determinó que el tema de la presente tesis sea realizada en el área de inyección por la necesidad de reducir sus niveles de desperdicios y tiempos de paros de las máquinas y por ser un área en pleno crecimiento dentro de la compañía. El personal calificado de diferentes departamentos que labora en esta sección será un punto favorable para la conformación de un comité de calidad con la

finalidad de obtener más información en cada análisis de problemas e implementar acciones inmediatas.

El tema de la presente tesis es importante para la compañía donde se realizó este proyecto, porque no cuenta con la cultura de la mejora continua en sus procesos de producción, las causas de generación de desperdicio y tiempos de para en las máquinas necesitan ser analizados y corregidos por el personal de planta. De esta forma se logra involucrar al personal de planta en la búsqueda de oportunidades de mejora en el proceso de producción.

### **1.3 Objetivos**

Los objetivos de la tesis son generales y específicos:

#### **Objetivos Generales**

- Reducir los desperdicios de materia prima hasta el 1.60% y el tiempo de máquina parada generado por fallas en el proceso de inyección de PVC, que impacta a los índices de producción y fomentar una comunicación directa y efectiva entre operadores, mecánicos, eléctricos, etc., que laboran en planta para detectar las causas de generación de desperdicio y paradas.

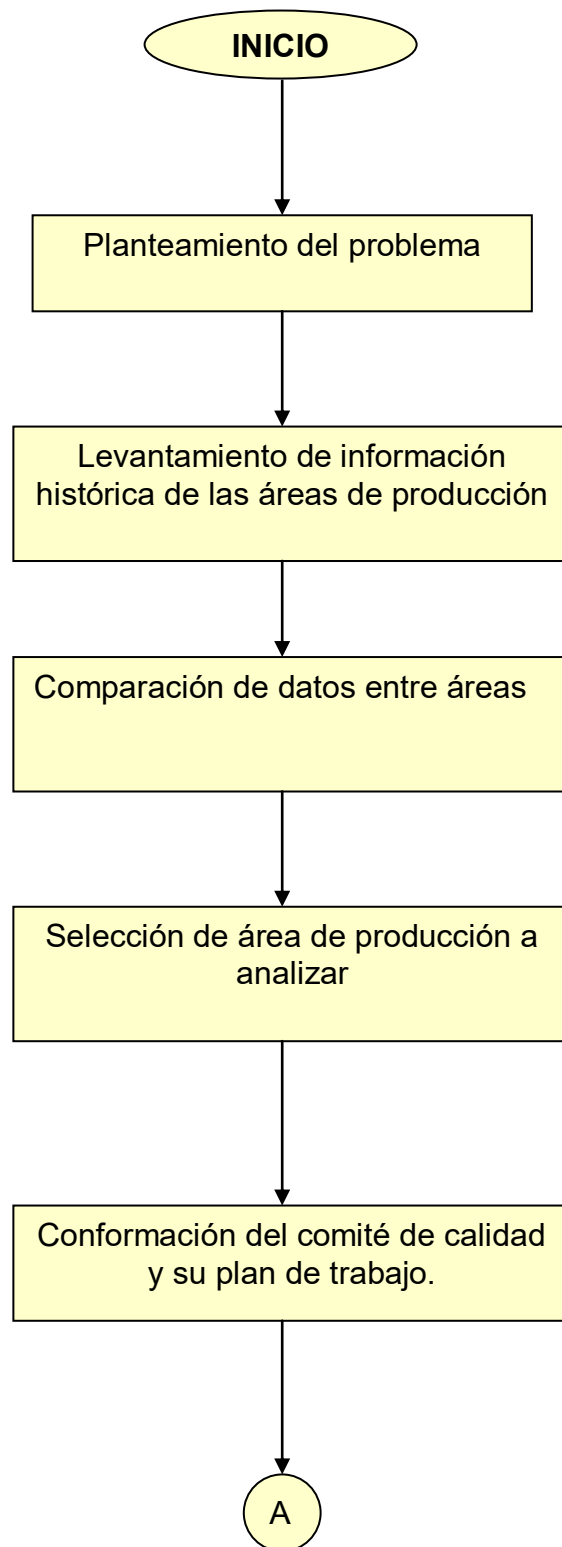
### **Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos de la tesis son:

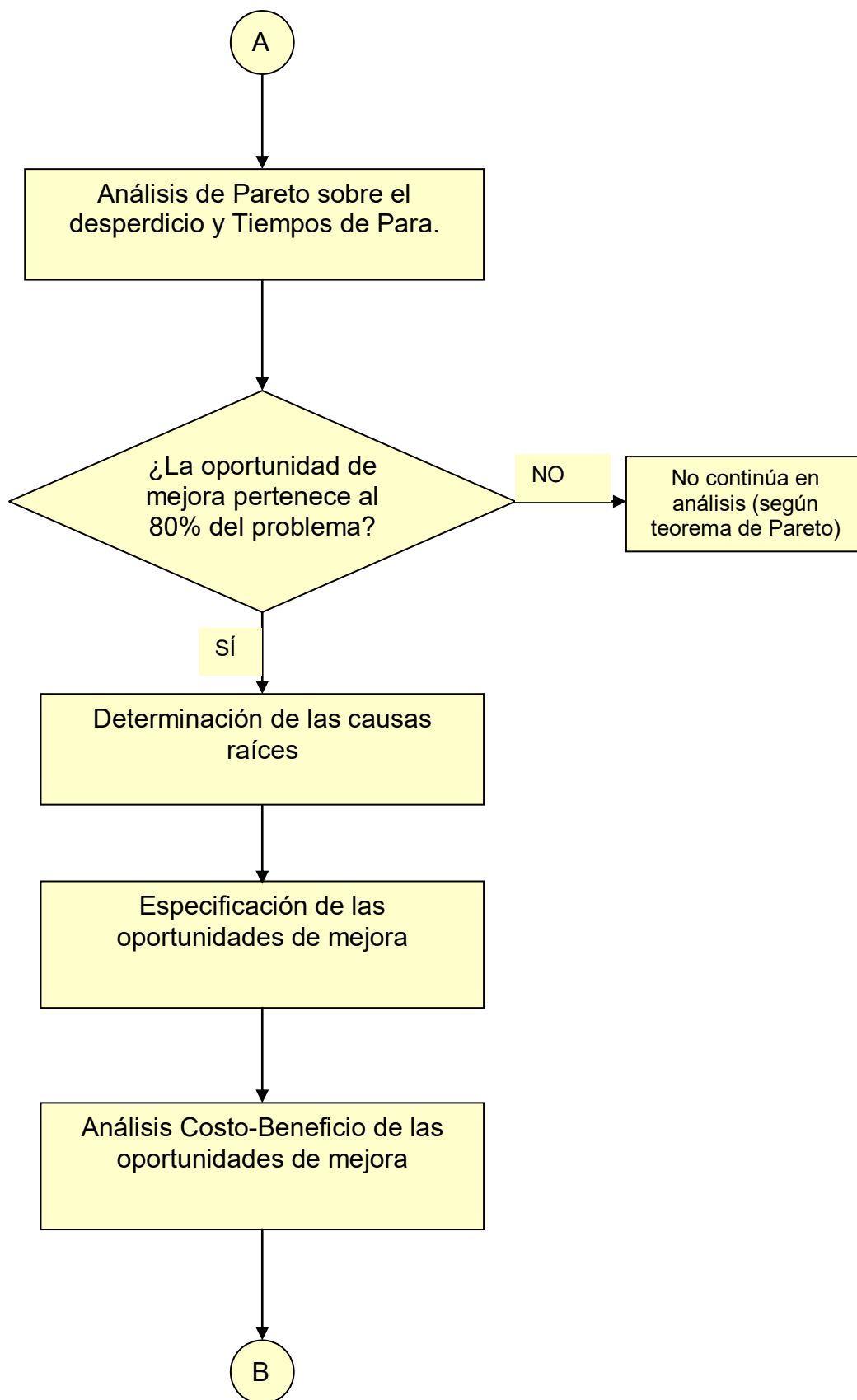
- Seleccionar el área donde se detecte el problema de desperdicio y tiempos de paras de las máquinas, en mayor porcentaje.
- Levantar información sobre la situación inicial del área seleccionada, tales como producción, desperdicio, eficiencia, etc.
- Analizar los datos obtenidos de los reportes de producción, lluvia de ideas que genere el comité de calidad conformado, etc. y localizar o detectar causantes del problema.
- Tomar acciones correctivas a los principales problemas detectados en el presente análisis.
- Controlar y evaluar las acciones implementadas en planta para determinar su eficacia.

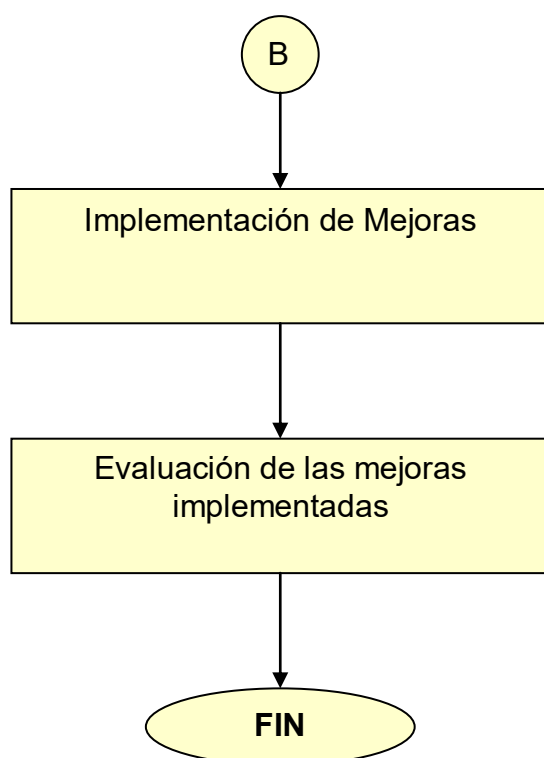
#### **1.4 Metodología**

Para explicar la metodología utilizada en el desarrollo de la tesis se realizó el siguiente diagrama de flujo:









**GRÁFICO 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO METODOLOGÍA DE LA TESIS**

## **1.5 Estructura**

A continuación se realiza una breve descripción de cada capítulo de la presente tesis.

### **Capítulo 1**

En este capítulo se describe la actividad de la empresa donde se realizó la tesis y datos sobre su origen. Cuales son los procesos de producción que tiene en la planta, y que tipo de productos realiza. También se definen los objetivos generales y específicos planteados en la tesis y la metodología que se empleará para desarrollarla.

## **Capítulo 2**

El marco teórico en el que se sustenta la tesis está desarrollado en este capítulo tales como: el Gemba Kaizen, Herramientas estadísticas, e información concedida por la empresa donde se implementó la tesis, como funciones de los equipos en el proceso de inyección y algunos productos que se fabrican en la sección

## **Capítulo 3**

En este capítulo se describe la situación Actual de la empresa referente al proceso de Inyección de PVC durante el período: Septiembre a Diciembre del 2004. Para lo cual se recoge la información mensual actual del proceso de inyección y se analiza sus datos con la ayuda de diagramas de flujo, las herramientas estadísticas como diagramas de Pareto, histogramas, etc.

## **Capítulo 4**

En este capítulo se detallan los análisis realizados al proceso de inyección de plásticos utilizando las herramientas descritas en el segundo capítulo, tomando como información los reportes de producción diarios generados en planta durante el período que se desarrolló la tesis, así como las mejoras implementadas y los resultados obtenidos.

## **Capítulo 5**

El capítulo final detalla cuales fueron las conclusiones obtenidas al concluir la presente tesis, describe los resultados logrados con respecto a los objetivos que se plantearon en el primer capítulo. También se realiza sugerencias o recomendaciones que pueden tomarse en la implementación de futuros proyectos.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Herramientas Estadísticas

El uso de métodos estadísticos, incluyendo los más refinados, ha incluido raíces profundas en el Japón, mas no por ello debemos olvidar la utilidad de las siete herramientas sencillas; la persona que no las domine no puede aspirar a utilizar las más refinadas.

El progreso en cuanto a productividad no puede separarse del empleo de los métodos estadísticos. Por medio de éstos se mejora el nivel de calidad, se aumenta la confiabilidad y se bajan los costos. La clave es el pertinaz empleo del análisis de procesos y del análisis de calidad, durante un largo período de tiempo. Ishikawa ha dividido los métodos estadísticos en tres categorías por nivel de dificultad:

- **Métodos Estadísticos Elementales (Las Siete Herramientas)**

Diagrama de Causa y Efecto

Diagramas de Pareto

Histogramas

Estratificación

Planillas de Inspección

Diagrama de dispersión

Gráficas de Control

- **Métodos Estadísticos Intermedios**

Teoría de muestreo

Inspección estadística por muestreo

Diversos métodos de realizar estimaciones y pruebas estadísticas

Métodos de utilización de pruebas sensoriales

Métodos de diseñar experimentos

- **Métodos Estadísticos Avanzados (Con Computadora)**

Métodos avanzados de diseñar experimentos

Análisis de multivariantes.

Diversos métodos de investigación de operaciones

### **Las Siete Herramientas Básicas Del Control De Calidad**

La calidad del producto fabricado está determinada por sus *características de calidad*, es decir, por sus propiedades físicas,

químicas, mecánicas, estéticas, durabilidad, funcionamiento, etc. que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo. El cliente quedará satisfecho con el producto si esas características se ajustan a lo que esperaba, es decir, a sus expectativas previas.

Por lo general, existen algunas características que son críticas para establecer la calidad del producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado.

El valor de una característica de calidad es un *resultado* que depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo.

La variabilidad o fluctuación de las mediciones es una consecuencia de la fluctuación de todos los factores y variables que afectan el proceso.

El análisis de los datos medidos permite obtener información sobre la calidad del producto, estudiar y corregir el funcionamiento del

proceso y aceptar o rechazar lotes de producto. En todos estos casos es necesario tomar decisiones y estas decisiones dependen del análisis de los datos. Como hemos visto, los valores numéricos presentan una fluctuación aleatoria y por lo tanto para analizarlos es necesario recurrir a *técnicas estadísticas* que permitan visualizar y tener en cuenta la variabilidad a la hora de tomar las decisiones.

### **2.1.1 Diagramas Causa - Efecto**

Un diagrama de Causa y Efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. Algunas veces es denominado *Diagrama Ishikawa* o *Diagrama Espina de Pescado* por su parecido con el esqueleto de un pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.

El Diagrama de Causa y Efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles



causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

El Diagrama de Causa y Efecto se debe utilizar cuando se pueda contestar “sí” a una o a las dos preguntas siguientes:

1. ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
2. ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

Con frecuencia, las personas vinculadas de cerca al problema que es objeto de estudio se han formado opiniones sobre cuáles son las causas del problema. Estas opiniones pueden estar en conflicto o fallar al expresar las causas principales. El uso de un Diagrama de Causa y Efecto hace posible reunir todas estas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista.

- ◆ El desarrollo y uso de Diagramas de Causa y Efecto son más efectivos después de que el proceso ha sido descrito y el problema esté bien definido.
- ◆ Los Diagramas de Causa y Efecto también pueden ser utilizados para otros propósitos diferentes al análisis de la causa principal. El formato de la herramienta se presta para la planeación.
- ◆ El Diagrama de Causa y Efecto no ofrece una respuesta a una pregunta, como lo hacen otras herramientas. Herramientas como el

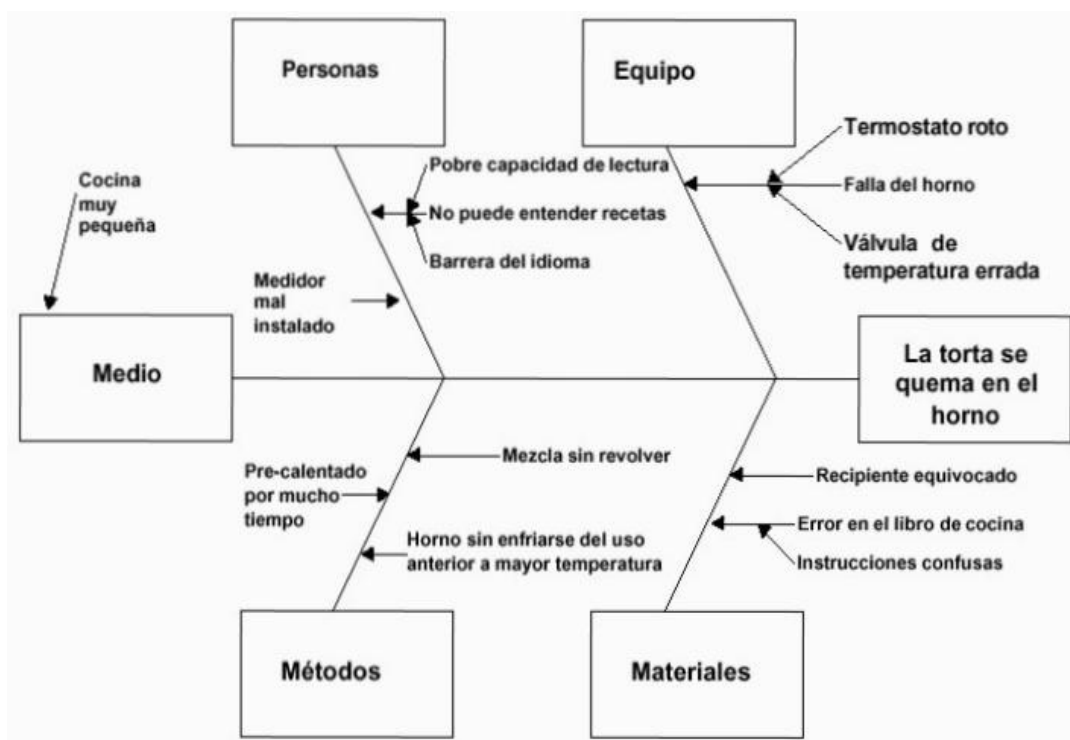
análisis de Pareto, diagramas de dispersión e histogramas pueden ser utilizadas para analizar datos estadísticamente. En el momento de generar el diagrama de Causa y Efecto, normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos. Por otra parte, un diagrama de Causa y Efecto bien preparado es un vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido.

Los pasos para realizar el diagrama causa – efecto son:

- Identificar el problema. El problema (el efecto generalmente está en la forma de una característica de calidad) es algo que queremos mejorar o controlar.
- Registrar la frase que resume el problema. Escribir el problema identificado en la parte extrema derecha del papel (cabeza del pescado) y dejar espacio para el resto del diagrama hacia la izquierda.
- Dibujar y marcar las espinas principales. Las espinas principales representan el INPUT principal, categorías de recursos o factores causales.
- Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema. Este es el paso más importante en la construcción de un Diagrama de Causa y

Efecto. Las ideas generadas en este paso guiarán la selección de las causas de raíz.

- Identificar los candidatos para la “causa más probable”. Las causas seleccionadas por el equipo son opiniones y deben ser verificadas con más datos. Todas las causas en el diagrama no necesariamente están relacionadas de cerca con el problema; el equipo deberá reducir su análisis a las causas más probables.
- Cuando las ideas ya no puedan ser identificadas, se deberá analizar más a fondo el Diagrama para identificar métodos adicionales para la recolección de datos.



**GRAFICO 2.1|: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO  
LA TORTA SE QUEMA EN EL HORNO**

### 2.1.2 Diagrama De Pareto

A principios del siglo XX, Vilfredo Pareto (1848-1923), un economista italiano, realizó un estudio sobre la riqueza y la pobreza. Descubrió que el 20% de las personas controlaba el 80% de la riqueza en Italia. Pareto observó muchas otras distribuciones similares en su estudio. A principios de los años 50, el Dr. Joseph Juran descubrió la evidencia para la regla de “80-20” en una gran variedad de situaciones. En particular, el fenómeno parecía existir sin excepción en problemas relacionados con la calidad. Una expresión común de la regla 80/20 es que *“el ochenta por ciento de nuestro negocio proviene del 20% de nuestros clientes.”*

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los *“pocos vitales”* de los *“muchos triviales”*. Una Gráfica Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

El diagrama de Pareto se utiliza en las siguientes situaciones:

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar.
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej.: por producto, segmento del mercado, área geográfica, etc.)
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.

Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Este permite ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades. En casos típicos, los pocos (pasos, servicios, ítems, problemas, causas) son responsables por la mayor parte del impacto negativo sobre la calidad. Si enfocamos nuestra atención en estos

pocos vitales, podemos obtener la mayor ganancia potencial de nuestros esfuerzos por mejorar la calidad.

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

- Para analizar las causas
- Para estudiar los resultados
- Para planear una mejora continua

Las Gráficas Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, la Gráfica Pareto es una herramienta de análisis sencilla pero poderosa.

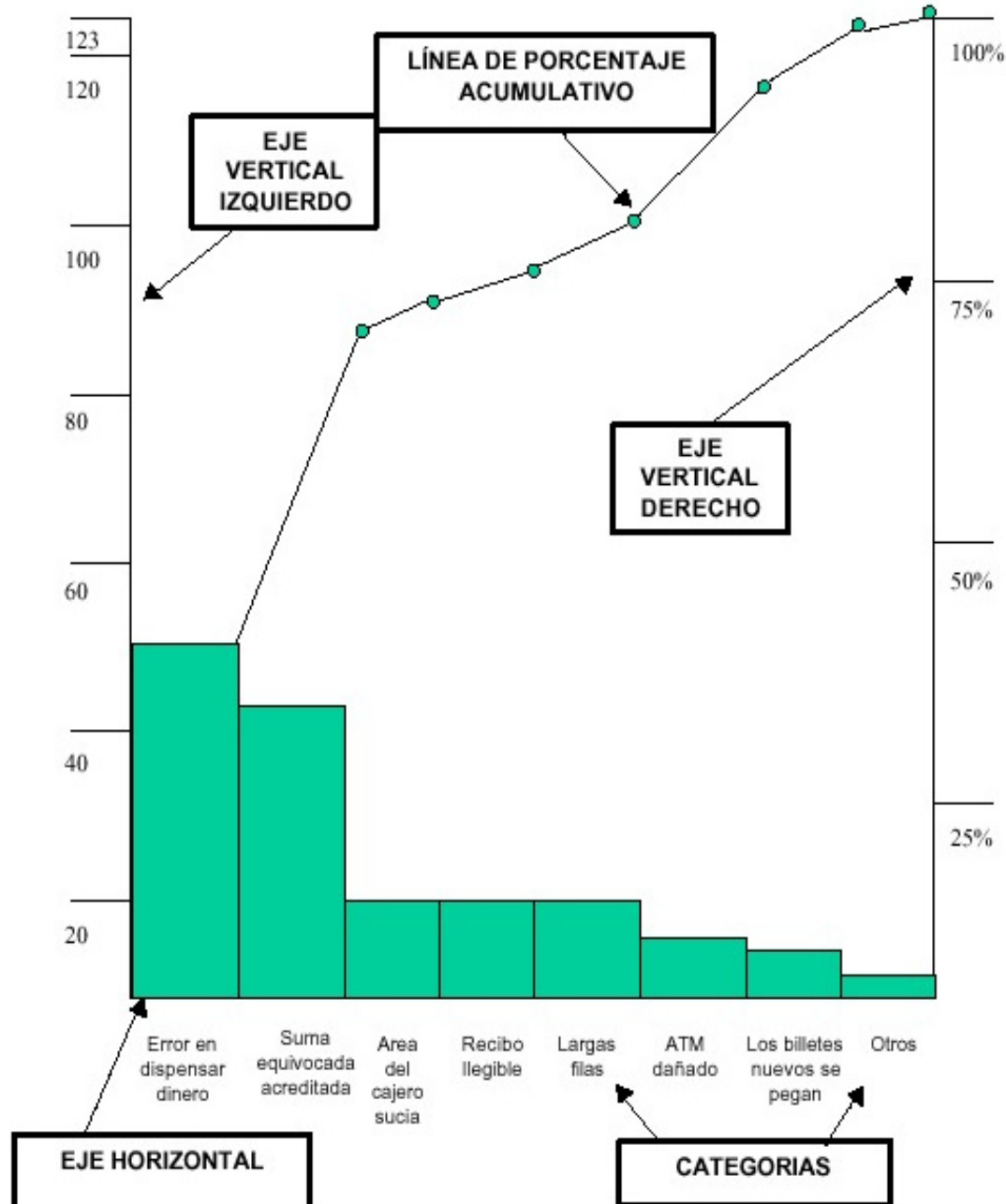
Los pasos para la elaboración de diagrama de Pareto son:

- Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo).
- Reunir datos (ej. una hoja de revisión puede utilizarse para reunir los datos requeridos).
- Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor.
- Totalizar los datos para todas las categorías.
- Computarizar el porcentaje del total que cada categoría representa.
- Trazar los ejes horizontales y verticales en papel para gráficas.

- Trazar la escala de los ejes verticales izquierdos para frecuencia (de cero al total según se calculó arriba).
- De izquierda a derecha, trazar una barra para cada categoría en orden descendiente. La “otra” categoría siempre será la última sin importar su valor.
- Trazar la línea del porcentaje acumulativo que muestre la porción del total que cada categoría de problemas represente.

En el eje vertical derecho, opuesto a los datos brutos en el eje vertical izquierdo, registrar el 100% al frente del número total y el 50% en el punto medio. Llenar los porcentajes restantes llevados a escala.

- Trazar la línea de porcentaje acumulativo.  
Iniciando con la categoría más alta, colocar un punto en la esquina superior derecha de la barra.  
Sumar el total de la siguiente categoría al primero y colocar un punto encima de la barra mostrando el porcentaje acumulativo. Conectar los puntos y registrar los totales restantes acumulativos hasta que se llegue al 100%.
- Dar un título a la gráfica, agregar la fecha(s) cuando se reunió la información y la fuente de los datos.
- Analizar la Gráfica para determinar los “pocos vitales”.



**GRÁFICO 2.2: GRÁFICO DE PARETO  
INSATISFACCIÓN DE CLIENTES EN EL SERVICIO DE CAJERO  
AUTOMÁTICO**



### 2.1.3 Histogramas

Es una gráfica de la distribución de un conjunto de medidas. Un Histograma es un tipo especial de gráfica de barras que despliega la variabilidad dentro de un proceso. Un Histograma toma datos variables (tales como alturas, pesos, densidades, tiempo, temperaturas, etc.) y despliega su distribución. Los patrones inusuales o sospechosos pueden indicar que un proceso necesita investigación para determinar su grado de estabilidad.

Los Histogramas se utilizan cuando se quiere comprender mejor el sistema, específicamente al:

- Hacer seguimiento del desempeño actual del proceso
- Seleccionar el siguiente producto o servicio a mejorar
- Probar y evaluar las revisiones de procesos para mejorar
- Necesitar obtener una revisión rápida de la variabilidad dentro de un proceso

Desde un sistema estable, se pueden hacer predicciones sobre el desempeño futuro del sistema. Un equipo para efectuar mejoras utiliza un Histograma para evaluar la situación actual del sistema y para estudiar resultados. La forma del Histograma y la información de estadísticas le ayudan al equipo a saber cómo mejorar el sistema. Después de que una acción por mejorar es tomada, el equipo continúa



- Determinar el número de intervalos, denotados como K. Utilizar esta pauta:

**TABLA 2**

**MÉTODO DE INTERVALOS**

<u><i>Puntos de Datos</i></u>	<u><i>Intervalos</i></u>
30-50	5-7
51-100	6-10
101-250	7-12
Más de 250	10-20

Esta gráfica es un método práctico únicamente. Esta determinará el número de barras que el Histograma tendrá a lo largo de su eje horizontal.

- Determinar la extensión del intervalo, W. La fórmula es sencilla:  $W = R \div K$ . Es útil y apropiada para aproximar W al número entero más cercano.
- Construir los intervalos determinando el límite del intervalo, o los puntos finales. Tomar la medida individual más pequeña en el conjunto de datos. Utilizar este número o aproximarlo al siguiente número entero más bajo. Este se convierte en el punto final más bajo para el primer límite del intervalo. Ahora, se debe tomar este

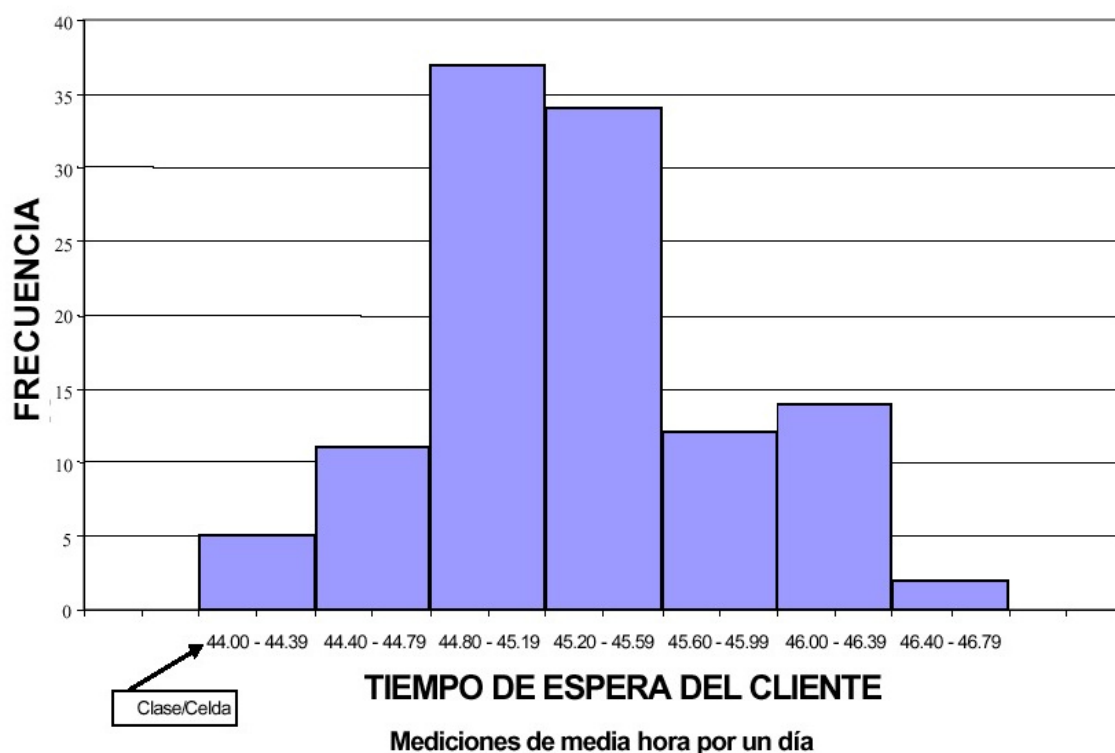
número y sumar la duración del intervalo. El siguiente límite de clase más bajo iniciaría en el número. El primer intervalo es el número más bajo y todo hasta, pero sin incluir, el número que empieza el próximo intervalo más alto. Esto hará que cada uno de los datos se ajuste en una y sola una, clase. Finalmente, sumar de forma consecutiva las clases, manteniendo el rango de todos los números.

**TABLA 3**  
**TABLA DE FRECUENCIAS**

CLASES	CONTEO	TOTAL
44.00 - 44.39		5
44.40 - 44.79		11
44.80 - 45.19		37
45.20 - 45.59		34
45.60 - 45.99		12
46.00 - 46.39		14
46.40 - 46.79		2

- Construir una tabla de frecuencias basada en los valores computados arriba (ej. número de clases, duración de las clases, límite de las clases). La tabla de frecuencia es realmente un Histograma en una forma tabular.

- Trazar y marcar los ejes horizontal y vertical.
- Dibujar las barras para representar el número de puntos de datos en cada intervalo. La altura de las barras deberá ser igual al número de puntos de datos en este intervalo, según se mide en el eje vertical.



**GRÁFICO 2.3: HISTOGRAMA TIEMPO DE ESPERA DEL CLIENTE**

- Poner título y fecha a la gráfica. Indicar el número total de puntos de datos y mostrar los valores nominales y límites (si es el caso). Quizás también se quiera agregar otras notas describiendo más a fondo el sujeto de las mediciones y las condiciones bajo las cuales se tomaron.

- Identificar y clasificar el patrón de variación; desarrollar una explicación lógica y pertinente del patrón. No olvidar la confirmación de las teorías por medio de la reunión de datos adicionales y de la observación.

#### **2.1.4 Estratificación**

Es un método consistente en clasificar los datos disponibles por categorías o clases con similares características. A cada grupo se le denomina estrato.

Los estratos a definir lo serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a:

- Personal.
- Materiales.
- Maquinaria y equipo.
- Áreas de gestión.
- Tiempo.
- Entorno.
- Localización geográfica.
- Otros

Su utilización más frecuente se da durante la etapa de *Diagnóstico*, para identificar qué clases o tipos contribuyen al problema que hay que resolver.

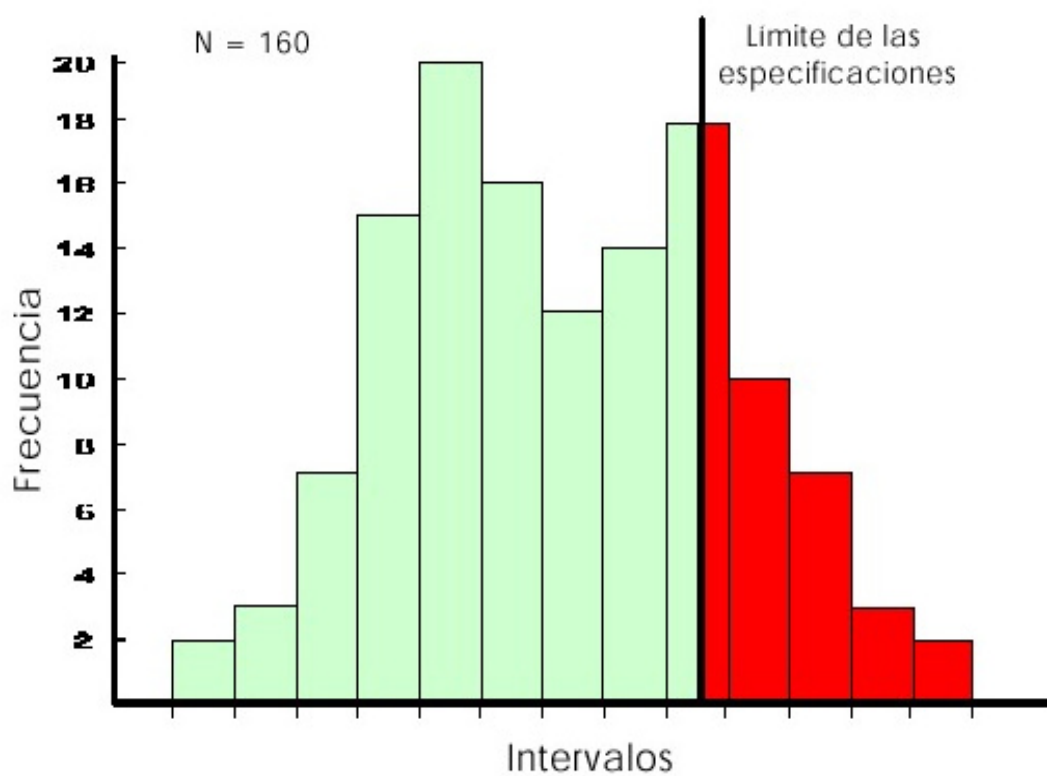
- Permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores en el resultado de un proceso.
- La estratificación puede apoyarse y servir de base en distintas herramientas de calidad, si bien el histograma es el modo más habitual de presentarla.

El desarrollo de esta herramienta se puede entender fácilmente mediante el siguiente ejemplo:

Se han observado retrasos en el plazo de elaboración de resoluciones de un servicio administrativo. Dicho servicio cuenta con dos secciones y se pretende investigar si la variable “sección” puede explicar los retrasos en la emisión de resoluciones.

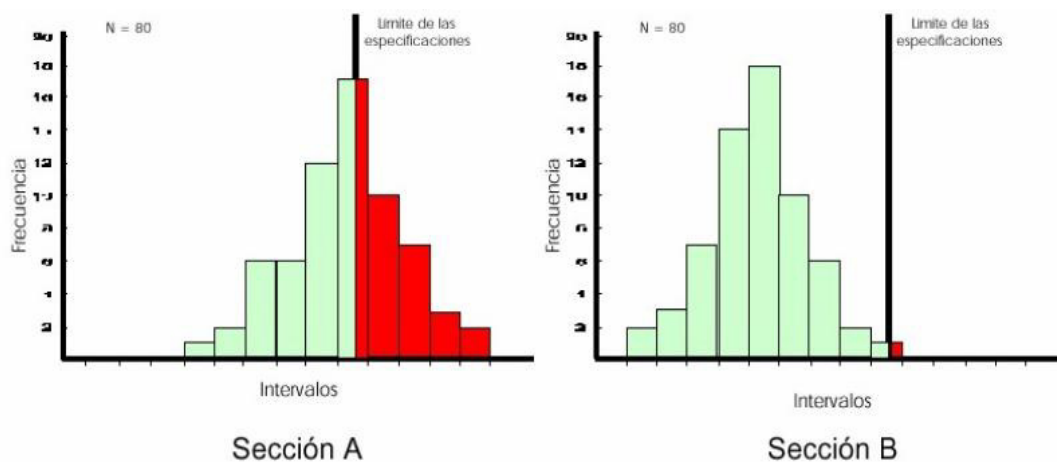
- Seleccionar las variables de estratificación. Variable: retrasos.
- Establecer las categorías que se utilizarán en cada variable de estratificación. Categorías: Secciones A y B.
- Clasificar las observaciones dentro de las categorías de la variable de estratificación.
- Calcular el fenómeno que se está midiendo en cada categoría.

- Mostrar los resultados. Los gráficos de barras suelen ser los más eficaces.
- En principio puede elaborarse un histograma combinado de las dos secciones para, posteriormente, analizar sus resultados con los histogramas de cada sección por separado.



**GRÁFICO 2.4: HISTOGRAMA DE LAS DOS SECCIONES JUNTAS**





**GRÁFICO 2.5: HISTOGRAMAS DE CADA SECCIÓN**

Puede observarse como la Sección B se ajusta casi completamente al límite de la especificación, mientras que la Sección A se revela como la responsable de las desviaciones del límite fijado.

- Preparar y exponer los resultados para otras variables de estratificación.
- Planificar una confirmación adicional.

## 2.2 Filosofía KAIZEN o el origen de la mejora continua

KAIZEN quiere decir la "Mejora Continua" debido a su origen japonés la palabra Kaizen se desprende en (Kai = cambio y Zen = Bueno). Es más, KAIZEN quiere decir continuando la mejora en la vida personal, en la casa, en la vida social, y en la vida activa. Cuando es aplicado al lugar de trabajo KAIZEN quiere decir "continuando mejora" que

involucra a todos: gerentes y obreros por igual y sin gastar mucho dinero.

Todo comenzó en los sistemas de producción de las empresas japonesas de automoción, cuando empezaron a utilizar estrategias, métodos y herramientas de mejora que les proporcionaron una forma de trabajar que permitía mantener una producción flexible, aumentando la calidad y todo ello, con un enorme ahorro de costos.

En la cultura empresarial oriental este deseo por mejorar ha sido tan integrado dentro de los directivos que ya ha pasado a formar parte inconscientemente de sus hábitos de trabajo.

Pero en el enfoque empresarial occidental, al hablar de reducciones de costos se tiende a pensar en reducciones de plantilla, uso de materiales de calidad inferior, etc. Esta forma de pensar describe por sí misma la actuación de determinadas organizaciones, donde lo primero son los COSTOS, y luego los PLAZOS DE ENTREGA y la CALIDAD.

Con la filosofía de Kaizen se cambia el orden dando prioridad a la Calidad y posteriormente a los costos y los plazos.

Hay dos tipos de cambio, el rápido y drástico (concepto entendido en el mundo de la calidad como INNOVACION) y el cambio gradual (KAIZEN).

El cambio de Kaizen expresa la idea de una mejora constante en la empresa a través de cambios sensibles dirigidos a perfeccionar, evolucionar y desarrollar tareas consiguiendo un incremento progresivo de la productividad y alcanzando un mayor nivel de satisfacción del cliente.

Kaizen significa integrarse en un ciclo constante de cambio para mejorar, buscando una evolución continua hacia formas más eficientes de trabajar. Por lo tanto, podemos considerar la estrategia Kaizen como la mejor opción para aquellas empresas que opten no sólo por mantener sus niveles, sino por buscar una mejora gradual que le proporcione un mayor rendimiento.

Para implicarnos en el espíritu de la Mejora Continua es necesario partir de que toda la organización debe creer en esta estrategia como herramienta de modernización y progreso de la empresa, un convencimiento que afecta de igual forma tanto a nivel de alta dirección como al resto de los empleados.

La Dirección debe determinar objetivos, fijar planes y no sólo se dedicará al mantenimiento del nivel sino, que participará en la comprensión de los objetivos y la extensión del espíritu de la Mejora Continua.

Hay dos elementos importantes involucrados en la aplicación de Kaizen en una organización:

- **La mejora del cambio:**

Este elemento del Kaizen involucra el cambio que se da durante este evento. El propósito del Kaizen es provocar la mejora a través del cambio.

AlliedSignal Inc., un motor de reacción, el fabricante del artefacto, proporciona un ejemplo bueno de este elemento de Kaizen (Sheridan, 18).

Antes de aplicar Kaizen, las partes en esta planta viajarían más de 2,686 pies antes salir de la zona industrial. Después del Kaizen, la distancia de viaje fue 667 pies a través de una vuelta simple antes de dejar la planta. Ésta era una mejora de 2019 pies que hicieron los procesos de la compañía mucho más eficaces.

- **La continuidad:**

Este elemento significa seguir practicando las mejoras una vez que el Evento de Kaizen ha terminado. A veces toma mucho tiempo para cambiar la cultura de la organización para realizar las mejoras

continuas que se instituyó durante un Evento de Kaizen. Éste es a menudo un forcejeo para los empleados porque es incómodo. Los empleados deben aprender las nuevas tareas y esto toma tiempo y paciencia. También, típicamente el cambio que es el resultado de un Evento de Kaizen es el acercamiento de la dirección a los empleados en la línea donde ellos tienen una voz en la organización. Esto puede hacer el cambio aun más duro para los empleados.

Kaizen no trabaja sin ambos elementos. Si no hay mejora y la continuidad existe, esto es malo para la compañía. Igualmente, si la continuidad no existe y la mejora sí, entonces no había ninguna necesidad de mejorar en el primer lugar.

Esto normalmente hace a los equipos más eficaces. Los miembros de la dirección, deben incluir personal de apoyo, mantenimiento, producción, finanzas y ventas. Muchas compañías incluyen a menudo a los individuos de fuera de la compañía en su equipo. El propósito de esto es traer a las personas sin que tengan opiniones preestablecidas sobre los procesos. Las esperanzas son que estos individuos podrán ver el potencial o dar ideas dónde otros no quieren. Hay que tener mucha preparación antes de un Evento de Kaizen. Deben identificarse áreas específicas para la mejora. Estas áreas deben ser aquellas donde las mejoras tendrán un impacto

competitivo para la compañía. El esquema físico de la compañía también debe analizarse. Antes de entrar en un evento la compañía debe saber qué máquinas pueden moverse y qué máquinas deben quedarse donde estaban. Se deben saber los límites para que las ideas generadas durante el evento no sean imposibles de llevar a cabo.

### **2.2.1 Elementos Dominantes (Calidad, Costo y Entrega)**

Varias palabras son claves para arribar al KAIZEN. La primera es **continuidad**. Los encargados que se frustran con hacer lo mismo en su negocio tienden a buscar algo nuevo siempre. Antes era círculos de calidad contemporáneamente, hoy, la charla grande entre encargados es re-ingeniería. No importa qué pueden introducir, si no pueden construir un sistema para asegurar la continuidad de tales actividades, será como un gran fuego artificial en la noche del verano. ¿Ha visto cómo a menudo una compañía, que introdujo una nueva campaña bajo un nombre de lujo con muchos atractivos de precio, suele verlos morir lejos después de algunos meses? ¿Sabor del mes? ¿Ha visto qué le sucedió a los círculos de calidad? No importa qué clase de nuevas actividades usted puede comenzar en su compañía, usted debe hacer el esfuerzo de continuar tales actividades año tras año.

¿Cómo asegura tal continuidad? Adjunto viene una convicción firme de la gerencia superior. La gerencia superior debe tener ideas claras de hacia donde la compañía debe ir. Debe fijar los blancos claros para la mejora, tal como mejora en calidad o la reducción del costo para la satisfacción de los clientes, mejora de los beneficios o del aumento, y establecer prioridad entre ellas, y entonces dirigir a los empleados a alcanzar tal blanco.

La gerencia superior debe también establecer un nuevo costo dentro de la compañía dedicado a la mejora continua del instrumento y proporcionar cada recurso posible. Así, primero, la gerencia superior debe establecer los blancos específicos para la mejora y después utilizar KAIZEN como medio para alcanzarlo. Si usted hace solamente KAIZEN en pedazos sin saber porqué usted tiene que mejorar, su impacto será muy limitado.

La segunda palabra clave es **mejora**. Uno debe tener idea clara donde la mejora se necesita. Generalmente hablando, en negocio, el blanco para las ebulliciones de la mejora son tres áreas: (1) La Calidad (2) Costo (3) La Entrega.

La tercera palabra clave es realizar tal **cambio sin gastar mucho dinero**.

Cada compañía tiene sus propios recursos existentes, tales como mano de obra, equipo, tecnología y el mercado. En KAIZEN, estamos diciendo simplemente que "vamos hacer un uso mejor de los recursos existentes, en detalle, nuestra propia gente."

Realmente está sorprendiendo cuánto cambio usted puede causar mirando cómo usted está utilizando sus recursos, y cambiando la manera que usted emplea esos recursos.

Con un uso apropiado de KAIZEN, es posible realizar una mejora de 100 por ciento de productividad, o mejora notable en la calidad, todo sin gastar mucho dinero pero entrenando y manejando a su gente, cambiando la manera en que ella piensa y hace sus trabajos.

Ahora discutiremos el tema de la calidad entre los tres blancos más importantes: de la mejora de la calidad, del costo, y de la entrega. Cuando discutimos la calidad en el negocio, no solo tratamos la calidad de productos sino también la calidad de los procesos. Hay tres funciones vitales para cada compañía a tomar en cuenta: diseñar, producir y vender los productos. Si estas funciones fallan, la compañía no puede existir.

Una compañía puede existir debido a su gente que (1) diseña los productos, y los procesos de fabricación, y (2) marca los productos, y (3) vende los productos.



Cuando la calidad primero fue nombrada, la calidad se refería a la calidad del producto solamente. Un producto que no realiza sus funciones, tales como un juguete que no se analiza fácilmente, un aparato de TV que no demuestra un cuadro claro, un bolígrafo que se le escapa la tinta eran mirados como productos de la calidad inferior. Mientras que los consumidores han llegado a ser más sofisticados y exigentes, han venido exigir los juguetes que se analicen fácilmente, hagan los aparatos de TV que muestren claramente las imágenes, y los bolígrafos que no se les escape la tinta.

Entonces, se comenzó a tomar la nota de la calidad de los procesos, a saber, el blanco del diseño del producto debe ser bastante bueno, demostrar una buena imagen del aparato de TV y de una pluma que no se le escape la tinta. Así, la calidad ha venido a referir a la calidad del diseño y a la calidad de la ejecución. Por la ejecución, significa el trabajo de los operadores en la fábrica que hacen sus estándares de trabajo de los trabajos según lo preparado por los ingenieros y los encargados. Así, la calidad del diseño del producto y de los procesos de fabricación, tan bien como la ejecución se ha convertido en una edición vital.

Muy pronto se demostró que la calidad antes dicha no era bastante, porque los clientes de hoy están exigiendo y tienen requisitos específicos. Porque vivimos en un mundo de competición resistente,

no debemos satisfacer sólo al cliente sino también encantarlos. Esto significa que se debe identificar requisitos más importantes del cliente e incorporarlos en el diseño del producto. Generalmente hablando, contábamos con que cuando se mejora la calidad del producto, el nivel del cliente de la satisfacción también sería mejorado. Pero éste no es siempre el caso.

Según profesor Kano, la calidad se puede clasificar en calidad "normal", "debe tener" calidad, y calidad "atractiva".

Así, hemos venido al punto donde necesitamos identificar los requisitos de calidad verdaderos de los clientes, a la hora de diseñar el producto nuevo. Esto significa que no es bastante para producir un producto de la buena calidad: debemos producir un producto, que encanta a clientes. Para hacer esto, debemos mantener un contacto cercano con los clientes y obtendremos los requisitos de calidad, que son los más importantes para ellos y después diseñaremos un producto nuevo que incorpore estas características.

Tradicionalmente, la calidad era mirada como un trabajo para la gente de la calidad, tal como inspectores de la calidad. Si esta gente hace sus trabajos correctamente, fue asumido que el producto estaría de buena calidad. Sin embargo, pronto comenzamos a darnos cuenta que, no obstante el buen trabajo que esta gente de la calidad puede hacer es, clasificar simplemente los productos entre buenos y malos y

no necesariamente para mejorar la calidad en sí mismo. Es como una autopsia. Así, comenzamos a ver que la calidad se debe construir en el proceso. La calidad funciona a través de todos los niveles de las funciones de la gerencia que comienzan con el desarrollo de producto, del diseño, de la producción y de las ventas.

Mientras que la calidad empieza con entender los requisitos del cliente, debe empezar con la gente de las ventas, pues son los más cercanos a los clientes. Su trabajo no debe ser vender solamente el producto sino también, recoger la información sobre los requisitos del cliente y ventas debe anotar los artículos que los clientes comentan, las ideas para las características adicionales de productos nuevos y cualquier queja en la condición del uso.

El papel de la gerencia es la regeneración de tal información para pasársela a los departamentos dentro de la compañía, y asegurarse que estos comentarios sean incorporados en el producto nuevo o, en cambios del diseño del producto actual. Las personas de ventas deben visitar a clientes regularmente para recoger estos datos, y en detalle, en el plazo de seis meses después del lanzamiento de un producto nuevo.

Típicamente, las personas de ventas tienden a sentirse que son las víctimas de la calidad. Dirían: "porque nuestra gente (particularmente, la gente de la fabricación en la fábrica) no hace

productos de buena calidad, estamos teniendo un rato duro de venderlos." En lugar, deben decir: "Soy el más cercano a nuestros clientes, y por lo tanto, mi trabajo primario es identificar los requisitos del cliente y comunicarlos a nuestra gente. La calidad es mi responsabilidad primaria."

### **Círculos de Calidad**

A pesar que los círculos de calidad se desarrollaron primero en Japón, se expandieron a más de 50 países, una expansión que Ishikawa jamás se hubiera imaginado. Originalmente, Ishikawa creía que los círculos dependían de factores únicos que se encontraban en la sociedad japonesa. Pero después de ver círculos creándose en Taiwan y Corea del Sur, el teorizó que los círculos de calidad pueden desarrollarse en cualquier país del mundo siempre y cuando dicho país utilizara el alfabeto Chino. El razonamiento de Ishikawa era que el alfabeto Chino, uno de los sistemas de escritura más difíciles pueden ser aprendidos solo con mucho estudio, en esa época el trabajo duro y el deseo de la educación se hicieron sumamente importantes en esos países.

Unos años después, el éxito de los círculos de calidad lo llevo a él a una conclusión: *Los círculos funcionan porque apela la naturaleza democrática humana.*

La idea básica de los Círculos de Calidad consiste en crear conciencia de calidad y productividad en todos y cada uno de los miembros de una organización, a través del trabajo en equipo y el intercambio de experiencias y conocimientos, así como el apoyo recíproco. Todo ello, para el estudio y resolución de problemas que afecten el adecuado desempeño y la calidad de un área de trabajo, proponiendo ideas y alternativas con un enfoque de mejora continua.

Todos los que pertenezcan a un círculo, reciben la capacitación adecuada en las áreas de control y mejora. En ciertas ocasiones el mismo círculo piensa en las soluciones y puede presionar a la alta gerencia a llevarlo a cabo, aunque esta siempre está dispuesta a escuchar y dialogar.

Estos círculos son muy recomendados en Japón, debido al éxito que han tenido en la mayoría de las empresas donde se han aplicado, pero se debe tener cuidado al adaptarlos, debido a que cada organización es distinta y tiene necesidades muy variadas, una mala adaptación puede hacer que fracase el círculo.

### **Concepto De Círculo De Calidad**

Un Círculo de Calidad es un pequeño grupo de personas que se reúnen voluntariamente y en forma periódica, para detectar, analizar y buscar soluciones a los problemas que se suscitan en su área de trabajo.

Un Círculo de Calidad está formado por pequeños grupos de empleados que se reúnen e intervienen en intervalos fijos con su dirigente, para identificar y solucionar problemas relacionados con sus labores cotidianas.

Un Círculo de Calidad está integrado por un reducido número de empleados de la misma área de trabajo y su supervisor, que se reúnen voluntaria y regularmente para estudiar técnicas de mejoramiento de control de calidad y de productividad, con el fin de aplicarlas en la identificación y solución de dificultades relacionadas con problemas vinculados a sus trabajos.

El Círculo de Calidad es un grupo pequeño que desarrolla actividades de control de calidad voluntariamente dentro de un mismo taller. Este pequeño grupo lleva a cabo continuamente, como parte de las actividades de control de calidad en toda la empresa, auto desarrollo y desarrollo, mutuo control y mejoramiento dentro del taller, utilizando técnicas de control de calidad con participación de todos los miembros.

### **Descripción de Los Círculos de Calidad**

La popularidad de los Círculos de Calidad, se debe a que estimulan a los propios trabajadores a compartir con la administración la responsabilidad de definir y resolver problemas de coordinación, productividad y por supuesto de calidad. Adicionalmente, propician la integración y el involucramiento del personal de la empresa con el objetivo de mejorar, ya sea productos o procesos.

En otras palabras los Círculos de Calidad se dan cuenta de todo lo erróneo que ocurre dentro de una empresa, dan la señal de alarma y crean la exigencia de buscar soluciones en conjunto.

Los empleados de cada Círculo forman un grupo natural de trabajo, donde las actividades de sus integrantes están de alguna forma relacionadas como parte de un proceso o trabajo. La tarea de cada uno de ellos, encabezada por un supervisor, consiste en estudiar cualquier problema de producción o de servicio que se encuentre dentro del ámbito de su competencia. La misión de un círculo pueden resumirse en:

- Contribuir a mejorar y desarrollar a la empresa.

- Respetar el lado humano de los individuos y edificar un ambiente agradable de trabajo y de realización personal.
- Propiciar la aplicación del talento de los trabajadores para el mejoramiento continuo de las áreas de la organización.

El término Círculo de Calidad tiene dos significados. Se refiere tanto a una estructura y a un proceso como a un grupo de personas y a las actividades que realizan. Por consiguiente, es posible hablar de un proceso de Círculo de Calidad al igual que de la estructura del mismo.

### **Estructura**

La estructura de un Círculo de Calidad es fundamentalmente la forma como está integrado el grupo y se define de acuerdo con la posición de los miembros dentro de una organización empresarial. En la práctica, los Círculos de Calidad requieren de un periodo prolongado de labores bajo la tutela de un Asesor.

### **Proceso**

El proceso de un Círculo de Calidad está dividido en 4 subprocesos.

- 1. Identificación de problemas, estudio a fondo de las técnicas para mejorar la calidad y la productividad, y diseño de**



**soluciones.** En esta etapa los miembros del Círculo de Calidad, se reúnen para exponer todos los problemas enlistados correspondientes a su área de trabajo; es importante detectar todos los problemas que son percibidos. Una vez que se han obtenido éstos, se jerarquizan por su orden de importancia, siendo relevante que todos los integrantes den su opinión, haciendo valer sus puntos de vista y con la coordinación del líder.

Por consenso se elige el problema de mayor importancia, el cual pasará a ser el proyecto. Posteriormente, se recopilan todos los datos para precisar el problema con orientación hacia su solución. Esta información se analiza y discute. Habiendo elegido la mejor solución o en su caso la primera y segunda alternativa, se elabora un plan de acción correctiva o de mejoramiento.

- 2. Explicar, en una exposición para la Dirección o el nivel gerencial, la solución propuesta por el grupo, con el fin de que los relacionados con el asunto decidan acerca de su factibilidad.** El plan de acción correctiva o de mejoramiento es expuesto a la Dirección o la Gerencia, para continuar con un diálogo con otras áreas y niveles, involucrándose éstas según lo requiera el análisis. Si existe acuerdo se autoriza la implantación, pero si por alguna causa no se aprueba, se explica al grupo y se les motiva a encontrar otra solución más viable.

**3. Ejecución de la solución por parte de la organización general.**

El plan de trabajo aprobado es puesto en marcha por los integrantes del Círculo de Calidad con el respaldo y la asesoría de los niveles superiores y en su caso de las áreas involucradas.

**4. Evaluación del éxito de la propuesta por parte del Círculo y de la organización.**

Esta parte es muy importante ya que permite constatar aciertos y errores y en consecuencia instrumentar adecuaciones de mejora.

**Características De Los Círculos De Calidad.**

Los Círculos de Calidad son grupos pequeños. En ellos pueden participar desde cuatro hasta quince miembros. Ocho es el número ideal. Se reúnen a intervalos fijos (generalmente una vez a la semana) con un dirigente, para identificar y solucionar problemas relacionados con sus labores cotidianas.

Todos sus miembros deben laborar en un mismo taller o área de trabajo. Esto le da identidad al Círculo y sentido de pertenencia a sus integrantes.

Los integrantes deben trabajar bajo el mismo jefe o supervisor, quien a su vez es también integrante del Círculo. Por lo regular, el jefe o

supervisor es también jefe del Círculo. Este no ordena ni toma decisiones, son los integrantes en conjunto quienes deciden.

La participación es voluntaria, tanto para el líder como para los miembros. De ahí que la existencia de los Círculos depende de la decisión de cada integrante. Los Círculos se reúnen una vez a la semana durante las horas hábiles y reciben remuneración adicional por este trabajo.

Lo ideal es que las reuniones se celebren en lugares especiales alejados del área de trabajo. Los miembros del Círculo deben recibir capacitación especial para participar adecuadamente, tanto previa a la creación del Círculo, como continua durante su operación.

Los miembros del grupo y no la gerencia son quienes eligen el problema y los proyectos sobre los cuales habrá de trabajarse. En forma ideal el proceso de selección no se lleva a cabo por votación democrática (por mayoría de votos), sino por consenso; en esta forma todos los participantes convienen en los problemas que es necesario resolver.

Los Círculos deben recibir asistencia o asesoría para analizar un problema y decidir al respecto.

La Dirección General y los expertos técnicos deben comprometerse a brindar su ayuda a los Círculos de Calidad.

Los Círculos habrán de recibir el apoyo de un Asesor (interno o externo), que asistirá a todas las reuniones, pero que no es miembro del Círculo.

Las exposiciones preparadas para la Dirección serán previamente presentadas a los gerentes y los expertos técnicos quienes normalmente tienen la autoridad para tomar una decisión acerca de la viabilidad de la propuesta.

La empresa debe efectuar evaluaciones periódicas para comprobar si se proporciona lo necesario para la operación de los Círculos de Calidad, así como para la ejecución de las propuestas que de éstos se deriven.

Los Círculos de Calidad no son para sostenerlos durante un tiempo y luego abandonarlos, sino que hay que mantenerlos permanentemente en operación, procurando siempre su mejoramiento.

### **Establecimiento De Los Círculos De Calidad.**

Para la introducción de los Círculos de Calidad en una empresa se requiere fundamentalmente llevar a cabo las siguientes fases o etapas:

- Convencer y comprometer a la Dirección General en el proceso.

- Establecer la organización necesaria para la administración de los Círculos de Calidad, a partir de una unidad administrativa encargada de coordinar su introducción y operación.
- Comprometer al sindicato.
- Desarrollar un plan de trabajo para la introducción de los Círculos de Calidad, a efecto de que éstos formen parte de la operación del negocio.
- Reglamentar la forma de operación de los Círculos de Calidad.
- Desarrollar los Sistemas de Apoyo para los Círculos de Calidad.
- Aplicar programas de capacitación a todo el personal y niveles de la empresa, para que se tenga un conocimiento y metodología de trabajo homogéneos.
- Disponer de los apoyos didácticos y logísticos para las tareas de los Círculos de Calidad.

Al vender la idea de los Círculos de Calidad, es necesario proceder de arriba hacia abajo. Primero se debe de involucrar a los ejecutivos y al sindicato, después a los gerentes de nivel medio y, finalmente, a los empleados.

Posteriormente, durante el establecimiento de los Círculos de Calidad, es conveniente comenzar por el nivel medio capacitando a los gerentes con el fin de que comprendan cuales son los objetivos del

programa, la función que ellos deben desempeñar y los beneficios que disfrutarán.

Después se debe capacitar a los supervisores de primera línea como jefes de los Círculos de Calidad. Finalmente se debe enseñar a los empleados las técnicas para solucionar problemas en grupo y los métodos para la toma de decisiones en conjunto.

Es conveniente establecer un programa piloto, cubriendo departamento por departamento, hasta abarcar toda la empresa. Tres Círculos es un buen número para empezar, se podrán atender adecuadamente y se aprenderá de éstos.

### **La Operación De Los Círculos De Calidad**

En la operación de los Círculos de Calidad se distinguen dos etapas:

#### **Primera Etapa**

Se ubica en el nivel de los empleados, quienes identifican un problema, lo analizan y presentan una solución a la gerencia mediante un planteamiento viable, estructurado y documentado.

#### **Segunda Etapa**

Se realiza a nivel gerencial, al ser éstos quienes escuchen las propuestas emanadas de los Círculos de Calidad, las evalúan y

deciden por lo general después de dos o tres reuniones si pueden ser puestas en práctica o no. Si la decisión es favorable, elaboran un plan para ejecutar la propuesta y lo ponen en marcha con la mayor brevedad posible.

Posteriormente el ciclo del proceso regresa a su punto de partida, ya que los empleados tienen la responsabilidad de controlar el buen resultado de sus propuestas de vuelta a su área de trabajo.

### **Objetivos De Los Círculos De Calidad.**

- Propiciar un ambiente de colaboración y apoyo recíproco en favor del mejoramiento de los procesos operativos y de gestión.
- Fortalecer el liderazgo de los niveles directivos y de supervisión.
- Mejorar las relaciones humanas y el clima laboral.
- Motivar y crear conciencia y orgullo por el trabajo bien hecho.
- Concienciar a todo el personal sobre la necesidad de desarrollar acciones para mejorar la calidad.
- Propiciar una mejor comunicación entre los trabajadores y los directivos o gerentes.
- Dar a conocer los avances y obstáculos a vencer para lograr una mejora constante.

### **Personajes encargados de los Círculos de Calidad**

Por otra parte, existen personajes encargados del desarrollo de los Círculos de Calidad:

### **El Facilitador**

El o ella, es el responsable de dirigir las actividades de los Círculos y atender sus juntas. Siendo también miembro de la Oficina de los Círculos de Calidad sirve como un enlace o vía entre los Círculos y el resto de la compañía y reporta a una alta autoridad que apoya la idea de los círculos de control de calidad.

Otras responsabilidades incluyen el entrenamiento de líderes y la formación de otros círculos dentro de la organización. Consigue asistencia técnica externa cuando se requiera.

### **El Líder del Círculo de Calidad**

El supervisor es el jefe natural del grupo de trabajo y a la vez el símbolo del respaldo de la gerencia. Su ausencia de los Círculos de Calidad, de una u otra forma, es siempre perjudicial para el proceso.

Más adelante después y durante, los supervisores empezarán a comprender el Círculo y no tomarán el liderazgo de otro como una



agresión personal, ya que entenderán que la operación y el progreso del Círculo es en mucho su trabajo.

### **Instructor**

Organiza y realiza los cursos de capacitación para gerentes, supervisores y jefes de los círculos, así como para los empleados miembros de los círculos y asesores. Inicialmente, los cursos están dirigidos a explicar las funciones que cada quien debe desempeñar dentro del proceso, después la capacitación se orienta al manejo de herramientas y técnicas para la identificación y resolución de problemas.

### **Asesor**

Aconseja a los Círculos y en particular a los líderes, sobre la manera como deben de manejarse las reuniones, solucionar los problemas y hacer la presentación de los casos a la gerencia. El asesor asiste a todas las reuniones de los Círculos que le han sido asignados, se reúne en privado con sus líderes antes y después de cada reunión con el propósito de ayudarles a organizar y evaluar su progreso, y brinda su apoyo en lo que se refiere a material de estudio.

El asesor lleva registro minucioso sobre el progreso de cada uno de los Círculos y sirve también como mediador para tratar de solucionar cualquier problema que pueda surgir dentro de ellos, o entre ellos y el resto de la empresa.

### **El experto**

Es aquel que por su conocimiento científico o técnico está facultado para dictaminar la factibilidad de la solución o medida propuesta por el Círculo de Calidad.

El Jefe de la Oficina de los Círculos de Calidad necesita del Asesor en su calidad de compañero en quien confían los miembros del Círculo. El Asesor, a su vez, necesita del Jefe de la Oficina de los Círculos de Calidad en su calidad de máxima autoridad en lo que se refiere a las políticas del programa, y como mediador con los niveles administrativos superiores.

## **2.3 Productos elaborados en la Sección Inyección**

Los accesorios que se producen en el área de inyección tienen variedad de aplicaciones debido a las propiedades físicas que le ofrece su mezcla de compuesto de materia prima. El proceso de Inyección

comienza en la Bodega de almacenamiento de Materia Prima, en la sección compuesto.

La materia prima que se utiliza es importada, a continuación se detalla un cuadro sobre la procedencia de sus compuestos:

**TABLA 4**  
**PROCEDENCIA DE MATERIA PRIMA**

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
Cloruro de Polivinilo (PVC)	90% proviene de Colombia 10% de Venezuela
Polipropileno (PP)	90% proviene de Estados Unidos 10% de Italia

Existe variedad de accesorios tipo sanitario y se los clasifica como: PVC presión, PVC desagüe y polipropileno. El Anexo 1 detalla los accesorios que se producen en el área de Inyección.

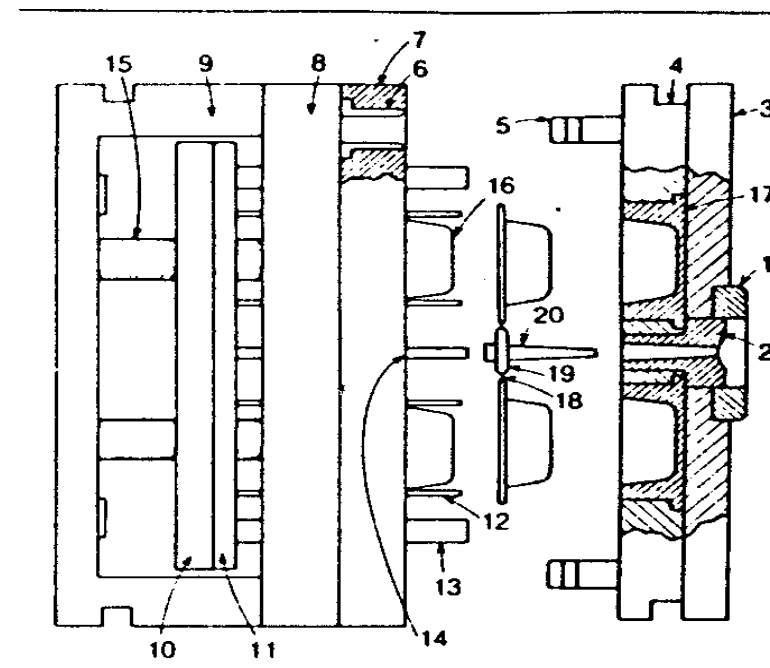
Para comprender el proceso de fabricación de accesorios en la sección inyección a continuación una breve descripción y funciones de las principales herramientas que tiene el molde de la inyectora.

Revisemos cual es el concepto de molde inyector.- es un conjunto de piezas dentro de las cuales existe al menos una cavidad donde se aloja el material a moldear

Entendiendo por conjunto de partes las siguientes:

- Armazones del molde
- Componentes
- Sistema de flujo de material
- Sistema de enfriamiento
- Sistema de extracción

El armazón del molde es la placa o base principal que contiene las herramientas y componentes del molde, además está sujeta por medio de pernos al plato inyector de la máquina. Como se observa en la siguiente gráfica.



**GRÁFICO 2.6: ARMAZÓN DEL MOLDE**

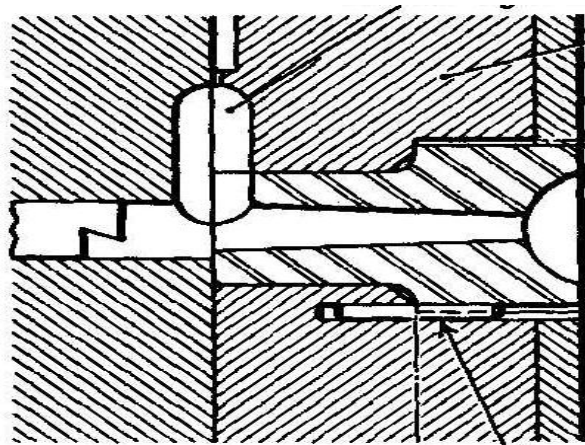
El punto 3 es la placa fija del molde y se la denomina fija por ser la placa que permanece en el mismo lugar a través del proceso de inyección

El punto 8 es la placa móvil del molde y se la denomina móvil por ser la placa que se desplaza hacia la derecha durante el proceso de inyección y de enfriamiento, y se desplaza a la izquierda durante el proceso de expulsión de los accesorios.

El flujo del material una vez inyectado a través del molde sigue el orden presentado a continuación:

◆ **Bebedero**

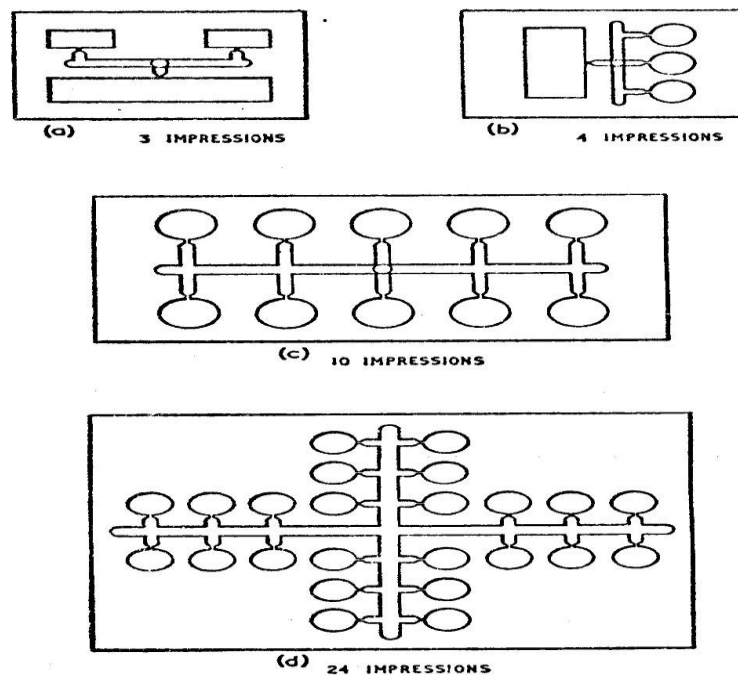
El bebedero está ubicado en la placa móvil del molde y es la parte por donde ingresa el material al molde, por lo tanto es el lugar donde se encuentra el material con mayor temperatura



**GRÁFICO 2.7: BEBEDERO DEL MOLDE**

◆ **Canales de alimentación o distribución**

Como se observa es el recorrido que hace el flujo de material hasta llevar a las cavidades o lugar de llenado.



**GRÁFICO 2.8: CANALES DE DISTRIBUCIÓN**

◆ **Estrangulamiento o llenado**

Es la encargada recibir el flujo de material y darle la formar requerida.

### ◆ Sistema de Enfriamiento

Para comprender el sistema de enfriamiento hay varios factores que se deben considerar:

- ❖ Cantidad total de calor que debe disiparse en la unidad de tiempo (depende de las propiedades térmicas del material plástico y de la cantidad inyectada).
- ❖ Intercambio de calor entre el material fundido y las paredes del molde (depende de las respectivas temperaturas, de los coeficientes de conductividad de calor, etc.)
- ❖ Conducción del calor a través de la masa del molde (acero u otro material), la distancia entre las paredes de la cavidad y los conductos de enfriamiento
- ❖ Propiedades del líquido refrigerante (agua o aceite diatérmico), el flujo promedio del líquido que circula por los barrenos o conductos, la temperatura de entrada y de salida del mismo líquido, etc.

A continuación se detalla algunas temperaturas de elaboración con su respectiva temperatura del molde adecuada para diferentes masas.

**TABLA 5**  
**TEMPERATURA DE ELABORACIÓN**

Material	Temperatura de elaboración [°C]	Temperatura del molde [°C]
Poliétileno baja densidad	170-260	0- 70
Poliétileno alta densidad	220-320	0- 70
Poliestireno normal	200-250	30- 60
Poliestireno antichoque	200-250	30- 60
Poliámidá 6	240-290	60-100
Poliámidá 6 + fibra de vidrio	260-310	80-120
Poliámidá 6,6	260-300	40-120
Poliámidá 6,6 + fibra de vidrio	280-320	60-120
Poliámidá 6,10	230-260	80-120
Estireno-acrinolitrilo	230-260	50- 80
Polimetacrilato	170-230	40- 90
Policarbonato	280-310	85-120
Copolímero acetal	180-230	70-130
Cloruro de polivinilo blando	180	20- 80
Cloruro de polivinilo duro	160-190	20- 80
Polipropileno	180-280	0- 80
Acetato de celulosa	180-230	40- 80
Acetobutirato de celulosa	180-220	40- 80
Propionato de celulosa	180-220	40- 80
Acrinolitrilo-estireno-butadieno (ABS)	180-240	50- 80



## CAPÍTULO 3

### 3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

#### 3.1 Descripción del proceso de producción Inyección de PVC

La producción inicia con la elaboración del programa de producción que los programadores entregan al supervisor de Producción, supervisor del Taller de Moldes y supervisor del área de Materia Prima.

El Taller de Moldes realiza la selección del molde correspondiente al programa, se continua con el herramientaje, acondicionamiento y lubricación del molde; mientras tanto se procede al desmontaje del molde saliente de la máquina inyectora, el cual es transportado a continuación por una grúa hacia el taller de moldes.

En la sección Compuesto se realiza el pesaje y la mezcla de la materia prima de acuerdo al accesorio que se va a producir, luego es transportado en costales apropiados *big bag* por medio de

montacargas hacia la máquina inyectora respectiva que se encargara de elaborar el producto.

Por su parte el supervisor de producción realiza el pedido de la cantidad de cartones de acuerdo al accesorio (Caja A1, A2, A3) a bodega de repuestos.

El operador arma las cajas utilizando la grapadora neumática y los ubica cerca de cada una de las máquinas inyectoras. Una vez preparada la línea se procede a inspeccionar y retirar el exceso de materia prima con un cuchillo o *rebabear* el accesorio. Coloca y cuenta accesorios en las cantidades establecidas para sus respectivas cajas, sella las cajas utilizando la grapadora neumática y le adhiere la etiqueta de especificaciones respectiva.

Luego se transporta las cajas selladas hacia la balanza por medio de carretillas, pesaje y registro de los datos en el reporte de producción. Finalmente se ubican las cajas pesadas en el área de Producto Terminado Inyección para su respectivo embalaje según el tipo de caja ( Ej. A6: 35 cajas por pallet ; A4: 70 cajas por pallet ).

El desperdicio generado durante el proceso es transportado hacia los molinos donde es triturado hasta convertirlo en polvo para su reutilización. Para que el desperdicio pueda ser reutilizado es

necesario que no esté contaminado, es decir, sin quemaduras, sin manchas de pigmentos, etc. Se denomina desperdicio básico al desperdicio generado por la materia prima atrapada en los canales de circulación internos del molde, antes de llegar a las cavidades que forman el accesorio. Este desperdicio lo asume programación y no está considerado en la presente tesis, por ser un desperdicio fijo aceptado por la compañía en el momento que aprueban la fabricación de un molde.

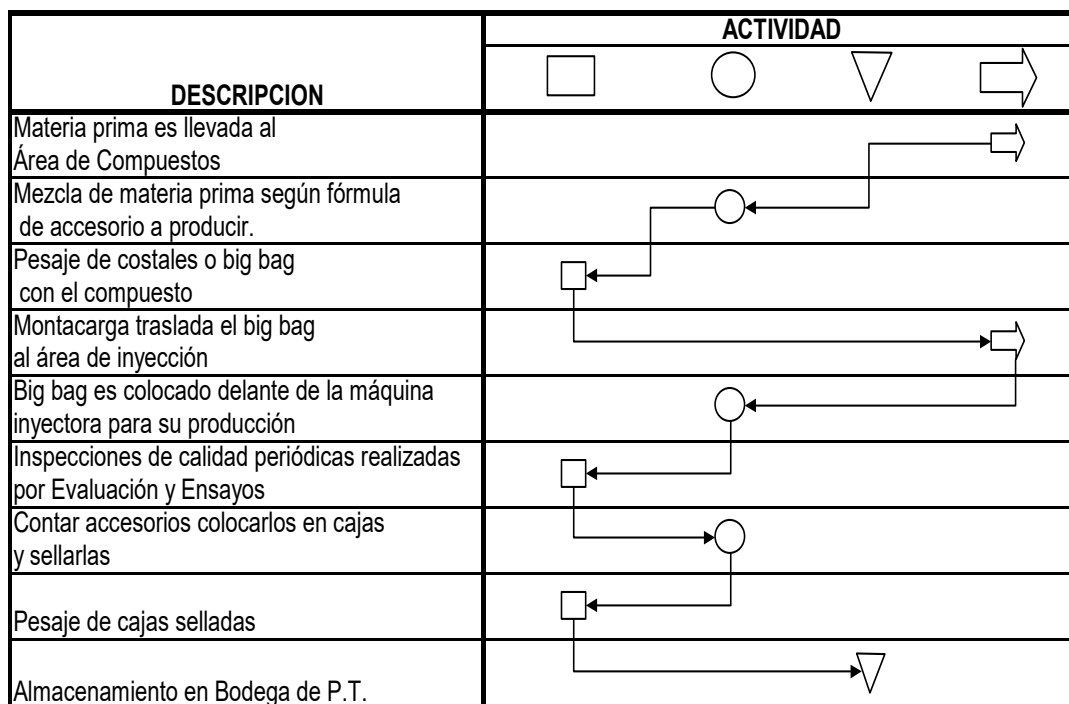
Los moldes de las inyectoras son fabricados por proveedores en el exterior y tienen determinado el nivel de producción del molde y la cantidad de desperdicio que genera él mismo, a parte de sus especificaciones técnicas. Estas especificaciones de producción y desperdicio, el fabricante del molde las determina de acuerdo a las características de las inyectoras, las condiciones de la planta y las necesidades de la compañía donde se realiza el presente análisis.

### **3.2 Diagrama de Flujo Proceso de Inyección.**

El proceso de producción Inyección se encuentra descrito en el siguiente diagrama de flujo:

PROCESO DE PRODUCCIÓN:  
SECCION:

INYECCION DE PVC  
INYECCION



ACTIVIDAD	TOTAL
□ Inspección	3
○ Operación	3
▽ Almacenamiento	1
→ Transporte	2

**GRÁFICO 3.1: DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE INYECCIÓN**

### **3.3 Descripción de máquinas y equipos para la producción.**

El proceso de inyección tiene como principal máquina la inyectora que es la encargada de fundir el PVC depositado en el túnel alimentador de la máquina, mediante la rotación del tornillo a altas temperaturas y a su vez transportar el material fundido hacia la boquilla para su inyección final.

Por lo tanto existen diferentes tipos de inyectoras dependiendo del tipo de material a fundir, la capacidad de dosificación, tamaño del molde , etc. Las características técnicas de las máquinas inyectoras se encuentran tabuladas en el Apéndice 2.

Las máquinas inyectoras cuentan con equipos auxiliares externos para su funcionamiento que son:

- **Tolvas**

Cada máquina inyectora tiene su respectiva Tolva que alimenta la máquina con la materia prima.

**TABLA 6**  
**CARACTERÍSTICAS DE LAS TOLVAS**

EQUIPOS	MARCA	CAPACIDAD (KG.)
Tolva T7085	Redd	100
Tolva T7086	Redd	80
Tolva T7087	Cincinnati	60
Tolva T7088	Cincinnati	60
Tolva T7089	Redd	100
Tolva T7090	Cincinnati	200
Tolva T7091	Cincinnati	200

- **Succionadoras**

Las succionadoras son equipos ubicados sobre las tolvas cuya función es succionar la materia prima que trae el montacargas en los *big bags* hasta la tolva que alimenta el túnel de la máquina inyectora. La marca de este equipo es Hamilton.

La inyectora No.7 es la única máquina que no cuenta con succionadora ya que tiene una alimentación manual, el operador debe colocar la materia prima en un recipiente y vaciarla en el túnel de alimentación de la inyectora.

En el Apéndice 3 se puede observar un diagrama general sobre las dimensiones de las máquinas inyectoras, así como la localización de sus partes funcionales.

### **3.4 Diagnóstico y Situación Actual**

El análisis del presente estudio comienza con el levantamiento de información diario que muestran los reportes de producción de Inyección sobre el desperdicio. El desperdicio básico como fue mencionado con anterioridad no entra en el análisis de esta tesis, por ser un desperdicio fijo en cada molde debido a la longitud que debe recorrer el material fundido antes de llegar a las cavidades del mismo, este desperdicio es cargado al área de programación.

Los accesorios utilizados para las diferentes pruebas en evaluación y ensayos tampoco entran en el presente análisis, por ser un desperdicio fijo para cada tipo de accesorio debido al tipo de muestreo que se implementa, se toma cuatro muestras del accesorio 3 veces durante el turno, es decir, se utilizan 12 productos terminados por turno al inicio, mitad y final del turno; para realizar 4 tipos de pruebas:

- **Prueba mecánica:** El producto es sometido a fuerzas externas de impacto y presión.

- **Prueba química:** El producto debe someterse a sustancias químicas para verificar su reacción.
- **Prueba del horno:** El producto es probado en un horno a 120°C
- **Inspección visual ó dimensional:** Se verifica que el producto terminado tenga las dimensiones indicadas en sus especificaciones y queda como evidencia en el departamento de Evaluación y Ensayo.

La tercera y última causa de generación de desperdicio de materia prima que no entra en el análisis del presente proyecto es por el inicio y fin de la programación.

**Fin de programación.-** Al finalizar una orden de producción se debe vaciar el barril que fusiona la materia prima, ya que el tiempo que toma cambiar el molde para la siguiente orden (aprox. 30 min), hace que el PVC se quemé dentro del mismo. Este material tampoco puede utilizarse para producir accesorios ya que no cuenta con la presión adecuada para ser inyectado; entonces lo recomendable es vaciar todo el contenido del barril. Este desperdicio es cargado a Fin de programación.

**Inicio de programación.-** Así mismo al iniciar la producción se debe realizar una limpieza del barril con PVC para evitar que existan



pigmentos adheridos al barril y contaminen el resto del material, este desperdicio es denominado Inicio de la Programación.

Ambos desperdicios Inicio y Fin de la programación son cargados al departamento de Programación, y se cuantifica la cantidad de desperdicio cargado por tales causas; pero la acción de mejora no aplica por ser un desperdicio inevitable.

### **3.4.1 Desperdicio Mensual General**

En la siguiente tabla observamos la cantidad de desperdicio de materia prima PVC generado entre los meses de Julio a Octubre del 2004 en la sección Inyección una tendencia en aumento del desperdicio, según observamos en el diagrama adjunto. En el mes de Octubre se desperdició mayor cantidad de materia prima en la sección Inyección a pesar que se produjo menos Kg. que el mes anterior.

Se debe considerar que la meta de la sección en cuanto a los índices de producción en la sección inyección es:

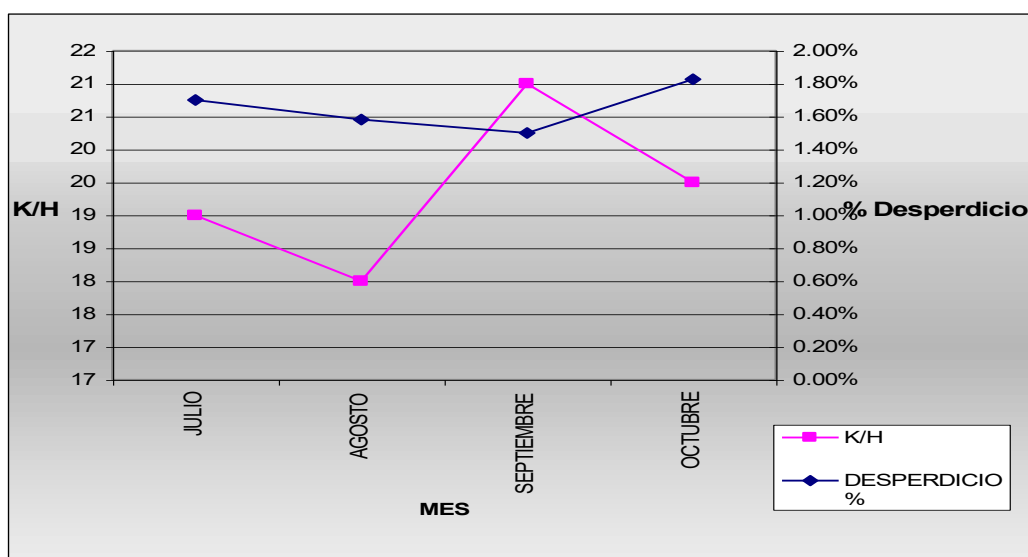
Desperdicio máximo: 1.60%

Eficiencia mínima: 80%

Para nuestro análisis no se considera el desperdicio básico ni el desperdicio por programación por los motivos ya descritos anteriormente.

**TABLA 7**  
**ÍNDICES DE PRODUCCIÓN MENSUALES (JULIO - OCTUBRE 2004)**

MES	DESPERDICIO MENSUAL	PRODUCCIÓN MENSUAL	DESPERDICIO %	K/H	EFICIENCIA %
JULIO	1458 K	85740 K	1.70%	19	83%
AGOSTO	1437 K	90857 K	1.58%	18	76%
SEPTIEMBRE	1378 K	91820 K	1.50%	21	79%
OCTUBRE	1578 K	86410 K	1.83%	20	86%



**GRÁFICO 3.2: ÍNDICES DE PRODUCCIÓN MENSUALES (JULIO - OCTUBRE 2004)**

Como se observa en la gráfica el desperdicio de materia prima generado durante los cuatro últimos meses tiene tendencia a aumentar, los meses de agosto y septiembre la eficiencia no alcanza el 80%.

### **3.4.2 Desperdicio por inyectora**

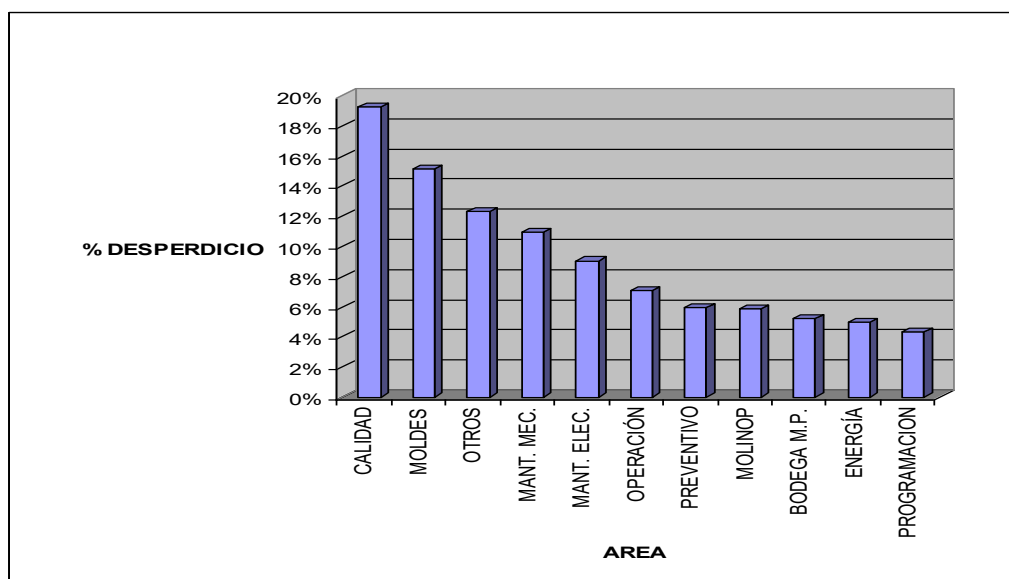
La información histórica sobre la generación de desperdicio generado por máquina inyectora, nos indica que las máquinas con mayor cantidad de desperdicio son las inyectoras de mayor tonelaje o capacidad del tornillo alimentador, como la inyectora 8 y 9. Pero esta información no aporta una conclusión real sobre los agentes causantes del desperdicio y cuales son las fallas más frecuentes que se evidencian en el proceso de producción. Por lo tanto fue necesario especificar que problemas generaron desperdicio en cada inyectora y clasificarla.

### **3.4.3 Desperdicio por tipo**

Al revisar las causas de generación de desperdicio en los cuatro meses, Julio-Octubre, se puede determinar que siguen un mismo patrón, el cual se presenta a continuación en la tabla de datos sobre los desperdicios de materia prima en el mes de octubre/2004.

**TABLA 8**  
**DESPERDICIOS DE MATERIA PRIMA EN EL MES DE OCTUBRE**

AREAS	DESPERDICIO	
	(Kg.)	%
CALIDAD	303	19%
MOLDES	238	15%
OTROS	194	12%
MANT. MEC.	172	11%
MANT. ELEC.	142	9%
OPERACIÓN	111	7%
PREVENTIVO	93	6%
MOLINOP	92	6%
BODEGA M.P.	82	5%
ENERGÍA	78	5%
PROGRAMACION	68	4%
<b>TOTAL</b>	<b>1578</b>	



Como se puede observar en la gráfica, las principales causas de desperdicio en la sección inyección son por problemas de calidad en el producto terminado y por faltas en los moldes de la inyectora.

**TABLA 9**  
**RENDIMIENTO DE INYECTORAS (KG./H – OCTUBRE)**

INyec.	HORAS PROGRAMADAS	HORAS TRABAJADAS	HORAS NO TRABAJADAS	PRODUCCION	K/H	% EFICIENCIA
7	552 h	528 h	24 h	2213 Kg.	4	96%
5	600 h	432 h	168 h	2127 Kg.	5	72%
3	648 h	600 h	48 h	6256 Kg.	10	93%
6	600 h	576 h	24 h	6400 Kg.	11	96%
2	552 h	504 h	48 h	6207 Kg.	12	91%
4	576 h	528 h	48 h	6615 Kg.	13	92%
1	504 h	480 h	24 h	11510 Kg.	24	95%
8	552 h	504 h	48 h	20585 Kg.	41	91%
9	528 h	504 h	24 h	24496 Kg.	49	95%
<b>TOTAL</b>	<b>5112 h</b>	<b>4656 h</b>	<b>456 h</b>	<b>86409 Kg.</b>		

La tabla No. 9 nos detalla el rendimiento (Kg./H) generado por cada inyectora en el mes de Octubre/2004, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento K/H} = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas Trabajadas}}$$

Entonces al analizar la cantidad de desperdicio y el rendimiento Kg./H de cada inyectora generado durante el mes de Octubre /2004, se puede cuantificar el desperdicio económico mensual de la compañía o industria de plástico debido a estos dos motivos. La siguiente tabla contiene los

datos iniciales de nuestro análisis económico, los cuales fueron obtenidos en la compañía motivo de la tesis.

**TABLA 10**  
**DATOS INICIALES**

<b>DATOS</b>	
Horas inproductivas mensual (h):	456 h
Desperdicio mensual (Kg.):	1578 Kg.
Costo de material reprocesado (\$/Kg.):	0.45 Kg.
Costo materia prima (\$/Kg.):	0.9 Kg.
Costo horas-hombre (\$/h):	1.3 \$/h
Número de Operadores	30

La pérdida económica para la compañía está representada por los dos principales factores que son las horas no productivas y el desperdicio de materia prima.

**La pérdida económica por horas no productivas** del mes de Octubre se las calcula multiplicando las horas improductivas mensual por el costo de horas - hombre y por el número de operadores en la sección.

**La pérdida económica por el desperdicio de materia prima** tiene un cálculo más complejo porque todo el desperdicio generado en planta es reprocesado en la sección Molino. La sección Molino recibe todos los desperdicio de materia prima generados en todas las secciones de la compañía, el desperdicio es previamente revisado separando el material

contaminado para luego someterlo a varias etapas de trituración hasta dejarlo reducido en pequeñas partes de material reutilizable. Por lo tanto la pérdida económica para la compañía causada por el desperdicio es la diferencia entre la materia prima virgen desperdiciada y la materia recuperada en los molinos, así:

<b>Pérdida unitaria por el desperdicio de materia prima</b>	=	Razón de desperdicio	-	Razón de material reprocesado
---	---	----------------------	---	-------------------------------

Entonces el primer cálculo es la razón de desperdicio de materia prima por hora no productiva que es:

$$\text{Razón de desperdicio de materia prima} = \frac{\text{Desperdicio Mensual}}{\text{Horas inproductivas mensual}}$$

Una vez que conocemos cuantos Kg. de materia prima se desperdicia por hora no productiva, lo multiplicamos por el costo de la materia prima para conocer su equivalente en dólares, y obtenemos la razón de desperdicio económico por hora no productiva.

Para calcular el costo del material reprocesado se multiplica la razón de desperdicio (Kg/h) por el costo del material reprocesado (\$/Kg).

Para calcular cuanto pierde económicamente la compañía cada mes, debido al desperdicio y las horas de máquina parada se tomó en cuenta el mes de Octubre, los cuales son presentados a continuación:

**TABLA 11**  
**CÁLCULO DE PÉRDIDA ECONÓMICA**

<b>CALCULOS</b>	
<b>Pérdida mensual por el desperdicio de horas - hombre (\$) =</b> <b>(Costo horas-hombre) X (Número de Operadores) X (Horas inproductivas mensual)</b>	<b>\$ 17,784</b>
Razón de desperdicio de materia prima (Kg./h) = $\frac{\text{Desperdicio mensual}}{\text{Horas inproductivas mensual}}$	3.5 Kg./h
Razón de desperdicio de materia prima (\$/h) = Desperdicio (Kg./h) X Costo Materia Prima (\$/Kg.)	3.8 \$/h
Razón de recuperar material reprocesado (\$/h) = Razón de desperdicio (Kg./h) X Costo de material reprocesado (\$/Kg)	1.0 \$/h
Pérdida unitaria por el desperdicio materia prima (\$/h.) = Razón de desperdicio (\$/h.) - Razón de material reprocesado (\$/h.)	2.8 \$/h
<b>Pérdida Mensual por el Desperdicio de materia prima (\$) =</b> <b>Costo de desperdicio para reproceso X Horas inproductivas</b>	<b>\$ 1,262</b>
<b>Pérdida Total por el Desperdicio de materia prima y horas-hombre (\$) \$ 19,046</b>	

En conclusión la pérdida económica mensual para la compañía debido a los desperdicios de materia prima y horas no productivas es de \$19,046, donde se puede observar que lo que más afecta cuando ocurren problemas en planta es la cantidad de tiempo que los operadores tienen que parar su labor para que se revise el problema de la máquina por parte del personal técnico encargado.



## **CAPÍTULO 4**

### **4. PROPUESTAS, IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE MEJORAS**

Con la finalidad de crear conciencia de calidad y productividad en todo el personal de la sección inyección se decide conformar un círculo o comité de calidad para lograr, a través del trabajo en equipo y la mejora continua en el proceso de inyección, los objetivos planteados por la gerencia de producción. La utilización de herramientas estadísticas en estas reuniones cumple un papel importante en la determinación de que problemas se deben solucionar en planta con mayor prioridad.

#### **4.1 Comité de Calidad – Plan de Trabajo**

El comité de calidad creado en la sección inyección es conformado por un grupo de personas especialistas en el proceso de inyección, las cuales fueron seleccionadas estratégicamente por el superintendente de la sección inyección. Los integrantes del comité de calidad son:

➤ Superintendente de la sección inyección

Cumple la función de líder del comité de calidad, es el jefe natural del grupo de trabajo y a su vez representa el respaldo de la gerencia en todas las reuniones. Entre sus principales actividades están las de crear un ambiente de participación e interacción entre los miembros del comité, y de que las soluciones que se tomen no generen conflictos.

➤ Secretario

Esta función fue desempeñada por el suscrito y es la de coordinar las reuniones, reunirse con los miembros del comité antes y después de las reuniones con el propósito de ayudarles a organizar y evaluar su progreso. El asesor es el encargado de llevar un registro de todas las reuniones del comité y sus decisiones para controlar su ejecución.

➤ Supervisor de producción

➤ Supervisor eléctrico

➤ Supervisor mecánico

➤ Supervisor del taller de molde

Los miembros del comité de calidad lo representan los cuatro supervisores del área los cuales cumplen el principal papel dentro del

comité de calidad, ya que la mayoría de soluciones que se tomen en las reuniones serán propuestas por ellos.

Las reuniones del comité de calidad son una vez al mes, se escoge un día de la cuarta semana de cada mes, en las cuales deben asistir puntual y obligatoriamente los miembros del comité de calidad.

Previo esta reunión, el secretario del comité debe recopilar toda la información concerniente al mes a analizar. La fuente de información que utiliza el comité de calidad en estas reuniones son las estadísticas mensuales de producción, desperdicio, eficiencia, y tiempos de para de las máquinas, que detallan los reportes de producción diarios de planta, y en casos especiales, se incluyen los resultados de reuniones esporádicas convocada por integrantes del comité de calidad que están en desacuerdo con los reportes de producción.

Las acciones de mejora son determinadas por los integrantes del comité de calidad en las reuniones mensuales y su respectiva evaluación es presentada en la próxima reunión mensual ó inmediatamente que la mejora haya sido implementada. En estas reuniones se revisa con detalle toda la información recopilada en el mes, en este orden:

⇒ Producción Total Mensual

Se compara la producción mensual en Kg. con los meses anteriores.

⇒ Desperdicio generado Mensual

Se analiza el desperdicio generado en la sección en diferentes enfoques: desperdicio por inyectora, desperdicio por área y desperdicio por turno. También se analiza con mayor detalle los puntos en que el desperdicio se ha generado en mayor proporción, según el diagrama de Pareto por Ej.: Si la inyectora 9 tiene el mayor porcentaje de desperdicio representa el 80% del problema, por lo tanto se revisa todas las causas de desperdicio y tiempos de para en esta inyectora.

⇒ Tiempo de Para en las máquinas inyectoras

Se aplica el mismo sistema del punto anterior, desperdicio generado mensual.

⇒ Conclusiones

En este punto se resume cuales fueron las principales causas de desperdicio y de tiempos de para en las máquinas durante el mes. También se especifica cuales fueron las acciones correctivas y preventivas que se implantaron, y sus resultados.

Los reportes entregados por producción que tienen información que no son compartidos por algún integrante del comité son analizados al iniciar el primer turno del día por las partes en desacuerdo, en muchas ocasiones no aceptan que la causa del desperdicio recaiga sobre su área de trabajo. En estos casos se

reúne las partes en desacuerdo, el secretario y el superintendente de inyección para determinar la/las causas del desperdicio en ese caso específico, para lo cual se genera un debate entre las partes en desacuerdo. El superintendente de inyección es la persona encargada de dirigir este debate procurando mantener su objetividad, y de no caer en ambigüedades ó argumentos equivocados por las partes en cuestión.

#### **4.2 Aplicación de Herramientas de Calidad**

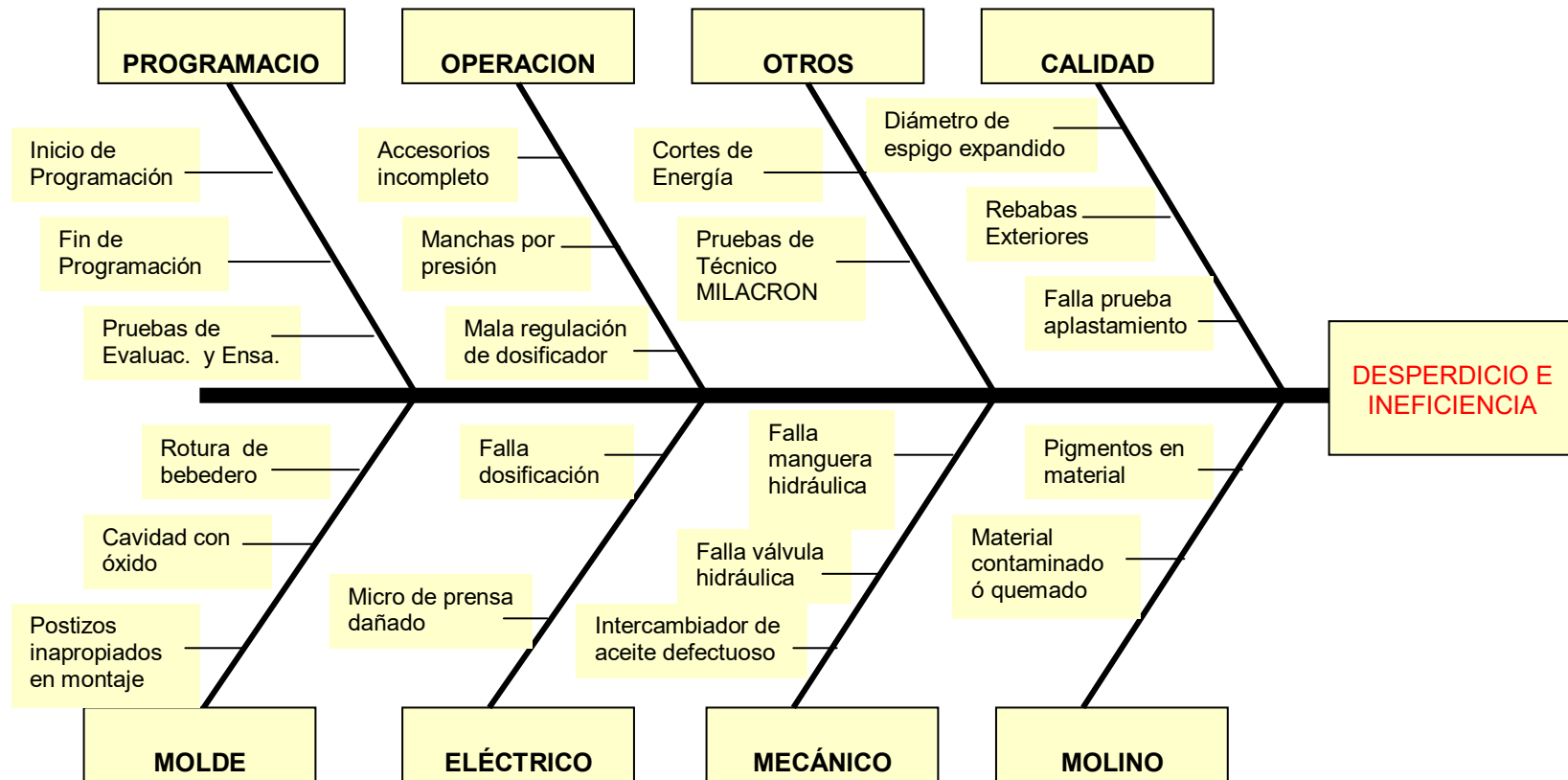
Durante el diagnóstico inicial hecho al proceso de inyección durante los meses de Septiembre y Octubre – 2004 se pudo detectar las principales causas de generación de desperdicio, las cuales son presentadas a los integrantes del comité de calidad para su verificación general, utilizando el diagrama Causa-Efecto o diagrama Ishikawa ver Gráfico 4.1.

El diagrama Causa –Efecto registra las principales causas de generación de desperdicio y tiempos de para en las máquinas, detectados en el proceso de inyección desde el mes de Julio hasta Octubre.

La reunión del comité de calidad también sirvió para confirmar estos problemas presentados en el diagrama Causa- Efecto, mediante una lluvia de ideas con los integrantes del comité de calidad.

Las principales causas de generación de desperdicio descritas en el diagrama Causa –Efecto, tienen ramificaciones que indican específicamente el motivo por el cual este desperdicio fue cargado a esta área o se la clasifica de este tipo.

Este diagrama también es publicado en las carteleras de la sección inyección, previa charla con el supervisor de producción, para que los operadores tomen conciencia de los problemas presentados y aporten con soluciones.



**GRAFICO 4.1: DIAGRAMA CAUSA – EFECTO: DESPERDICIO E INEFICIENCIA**

Como resultado del diagrama Causa Efecto tenemos que los principales motivos de generación de desperdicio e ineficiencia son:

- Taller de Moldes
- Mantenimiento Eléctrico
- Mantenimiento Mecánico
- Calidad
- Operación
- Programación
- Molinos
- Otros

La determinación eficaz de acciones de mejora dependerá de la localización objetiva de las causas que generan desperdicio dentro del proceso de inyección, para lo cual contamos con las herramientas estadísticas de calidad que nos ayudarán a visualizar el problema desde diferentes enfoques.

Como pudimos concluir en el capítulo las dos causas principales de desperdicio y tiempos de para en las máquinas son por fallas en los moldes y por defectos de calidad en los accesorios.

Podemos observar que el área de Calidad es el área que más desperdicio de materia prima tiene cargado, seguido de desperdicio por



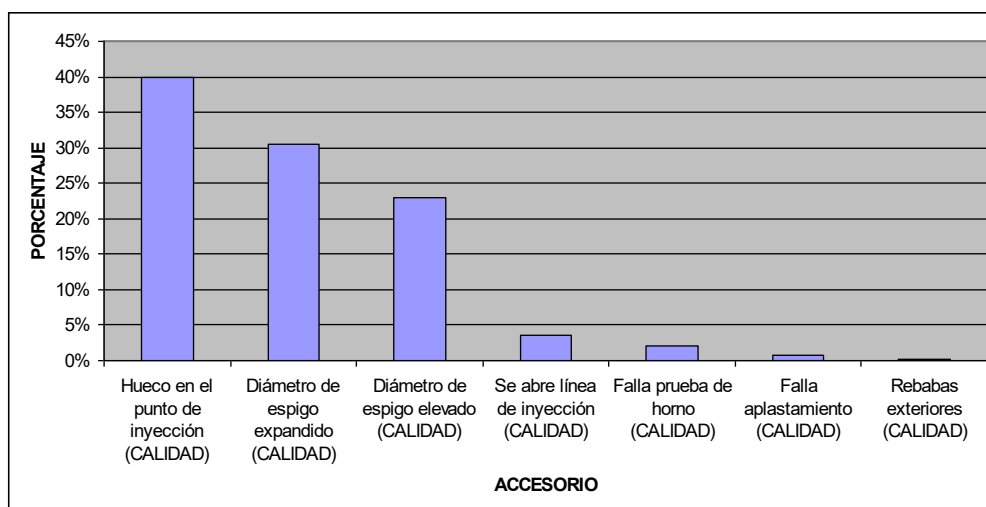
problemas con el Molde cuyo desperdicio es cargado al Taller de Moldes.

Los principales problemas de Calidad que se presentaron el mes de Octubre se encuentran descritos en la siguiente tabla:

**TABLA 12**  
**DESPERDICIO POR PROBLEMAS DE CALIDAD (OCTUBRE/2004)**

TURNO	ACCESORIO	CAUSA SCRAP BASICO	KILOS	%
2	Yee 110 mm. D/N	Hueco en el punto de inyección (CALIDAD)	94 K	40%
2	Yee 110 mm. D/N	Diámetro de espigo expandido (CALIDAD)	72 K	30%
1	Yee 110 mm. D/N	Diámetro de espigo elevado (CALIDAD)	54 K	23%
2	Neplo 1/2" x 10 cm PP R/R	Se abre línea de inyección (CALIDAD)	9 K	4%
1	Union 110 mm. D/N	Falla prueba de horno (CALIDAD)	5 K	2%
2	Neplo Flex 1" Union Flex 3/4" Adap. 20 mm. a 1/2" M C/R	Falla aplastamiento (CALIDAD)	2 K	1%
3	Neplo Flex 1" Union Flex 3/4" Adap. 20 mm. a 1/2" M C/R	Rebasas exteriores (CALIDAD)	1 K	0%
<b>TOTAL</b>			<b>303 K</b>	

La gráfica de Pareto queda de la siguiente forma con los datos de desperdicio del mes de Octubre:



**GRÁFICO 4.2.: DESPERDICIO POR PROBLEMAS DE CALIDAD (OCTUBRE/2004)**

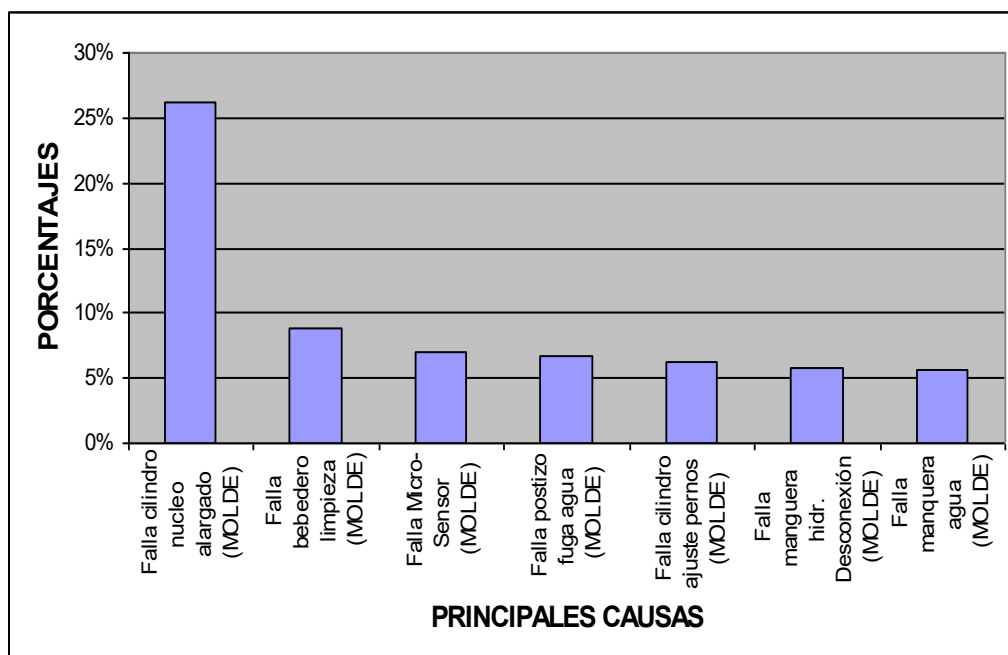
Se puede observar en la Gráfica No. que la principal causa de desperdicio por problemas de Calidad es el Diámetro del accesorio Yee 110 mm que no cumple con las especificaciones dimensionales.

La causa de que el diámetro del accesorio Yee 110 mm. no cumpla con la especificación de calidad se pudo evitar si el operador realizaba el autocontrol de su producción, es decir, si realizaba las respectivas mediciones dimensionales del accesorio antes de producir, y no depender completamente del departamento de evaluación y ensayos para detectar estos defectos.

A continuación se detalla el desperdicio originado por problemas en los moldes el mes de Octubre en la Tabla 13.

**TABLA 13**  
**DESPERDICIO POR PROBLEMAS EN LOS MOLDES**

PRINCIPALES CAUSAS	KILOS SCRAP BASICO	%
Falla cilindro nucleo alargado (MOLDE)	44 K	26%
Falla bebedero limpieza (MOLDE)	15 K	9%
Falla Micro-Sensor (MOLDE)	12 K	7%
Falla postizo fuga agua (MOLDE)	11 K	7%
Falla cilindro ajuste pernos (MOLDE)	11 K	6%
Falla manguera hydr. Desconexión (MOLDE)	10 K	6%
Falla manquera agua (MOLDE)	10 K	6%
<b>TOTAL</b>	<b>238 K</b>	



**GRÁFICO 4.3: PARETO DESPERDICIO POR PROBLEMAS EN LOS MOLDES**

Como se observa en la Gráfica 4.3 la principal causa de desperdicio por problemas en los moldes es una falla en el cilindro ó vástago del molde porque uno de los vástagos se encuentra alargado unos 22mm.

Este defecto se presenta en el molde Yee 110 mm y aunque es de conocimiento por parte de los operadores, por anteriores producciones de este accesorio, no fue comunicado al Taller de moldes. Este defecto impide la normal expulsión del accesorio Yee 110 del troquel al trabarse con el vástago expandido, y produce un aplastamiento al cerrarse nuevamente el molde.

El segundo defecto más frecuente en los moldes es la falta de limpieza en los bebederos, lo que ocasiona que el material no tenga un traslado fluido en el interior del molde. El bebedero del molde es la conexión que traslada la materia prima PVC desde la inyectora hasta el molde, por lo tanto si el bebedero se encuentra obstruido con materia prima, aceite, etc. no permite que la materia prima llegue en cantidades normales a las cavidades del molde y el cuello de botella que se forma en el bebedero con la materia prima PVC produce el quemado o carbonizado de la materia prima.

La siguiente tabla muestra el desperdicio de materia prima PVC generado el mes de noviembre:

TABLA 14

## ÍNDICES DE PRODUCCIÓN MENSUALES NOVIEMBRE

MES	DESPERDICIO MENSUAL	PRODUCCION MENSUAL	DESPERDICIO %	K/H	EFICIENCIA %
SEPTIEMBRE	1378 K	91820 K	1.50%	20	79%
OCTUBRE	1578 K	86410 K	1.83%	20	86%
NOVIEMBRE	1795 K	103881 K	1.73%	19	84%

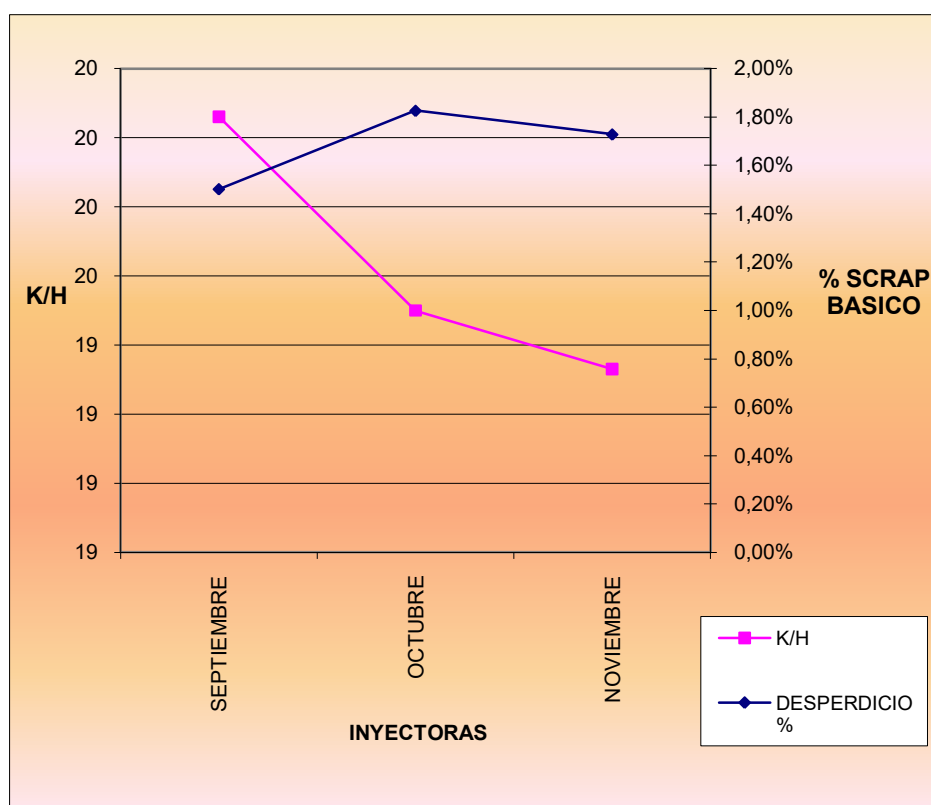


GRÁFICO 4.4: ÍNDICES DE PRODUCCIÓN MENSUALES NOVIEMBRE

El mes de noviembre hubo una reducción del desperdicio de materia prima; a pesar del aumento de producción en ese mes, por lo tanto el K/H también se evidencia un aumento.

A continuación se detalla el desperdicio originado por problemas en los moldes el mes de Noviembre en la Tabla No. 15.

**TABLA 15**  
**DESPERDICIO GENERADO POR FALLAS EN LOS MOLDES**  
**(NOVIEMBRE)**

CAUSA	DESPERDICIO Kg.	FRECUENCIA	DESPERDICIO %
Falla manguera hidráulica (Molde)	51	13	28%
Falla barra expulsora (Molde)	30	10	17%
Falla micro (molde)	24	5	14%
Falla pernos (Molde)	14	7	8%
Falla postizo (Molde)	14	4	8%
Falla descentramiento de vástagos (Molde)	12	4	7%
Fallá guía de cavidad (Molde)	8	6	4%
Falla ajuste automático de prensa en montaje (Molde)	7	4	4%

La tabla 15 nos muestra que la principal causa de desperdicio en los moldes es el desprendimiento de las mangueras hidráulicas en los moldes.

En la siguiente figura se puede observar la ubicación que tienen las mangueras hidráulicas en los moldes, la parte inferior de los moldes es común ver estas telarañas que impiden que el accesorio expulsado del molde caiga directamente en la bandeja receptora.



**GRÁFICO 4.5 : MANGUERAS HIDRÁULICAS DE LOS MOLDES**

### **4.3 Propuestas de Mejora**

Las acciones implementadas y propuestas de mejora realizadas entre el mes de Octubre-Noviembre/2004 son:

#### **✓ Propuesta de Capacitación**

Coordinar charlas de **capacitación** teórico y práctico dirigidos al personal operativo de la sección Inyección.

#### **Justificaciones de la Capacitación**

Se estima que el beneficio que obtenga la compañía por la capacitación del personal de Inyección sea el de reducir el

desperdicio generado por problemas operacionales y de calidad un 30% mensual el primer año.

La sección de Inyección cuenta con personal operativo eventual en un 60%, el tiempo que este personal presta sus servicios a la compañía es máximo 1 año; por ello la necesidad de capacitación periódica. Los temas por revisar en la capacitación son de gran utilidad para el operador por tener información que le servirá de guía en sus labores diarias.

El personal de Evaluación y Ensayo, que son los inspectores de calidad, cuenta con la capacitación y experiencia adecuada para aportar en la parte práctica de la capacitación, realizando pruebas, mostrando defectos de calidad, etc. También servirá al personal que tenga menos experiencia para reforzar sus conocimientos sobre los problemas operacionales y de máquinas que se presentan en la planta de inyección.

### **Objetivos de la Capacitación**

Los objetivos de las charlas de capacitación son los siguientes:

⇒ Reducción del desperdicio de materia prima por problemas operacionales y por defectos de calidad en la sección inyección.



- ⇒ Reducir las horas-máquina parada por problemas operacionales, que no pueda resolver el operador en forma inmediata, en la sección inyección.
- ⇒ Capacitar al personal operativo sobre los Puntos Críticos de Control de Calidad.
- ⇒ Fomentar el autocontrol operativo con el personal de planta.

### **Desarrollo de la Capacitación**

En el Apéndice No. 4 se detalla la información inherente a la capacitación que será publicada en las carteleras informativas de la sección Inyección.

Se planifica que la capacitación sea extensiva durante los 7 meses de duración desde Diciembre/2004 hasta Julio/2005

Los temas que se revisen en las charlas de capacitación son 2 principalmente:

#### ⇒ **Puntos de Control de Calidad**

El Manual de Puntos de Control de Calidad describe la Guía de Inspección de Calidad, es decir, los ítems de inspección ó lo que se va a revisar, la especificación, la frecuencia de inspección, la cantidad del muestreo, las unidades de accesorios a empacar, etc.

Este manual fue elaborado por el departamento de Evaluación y Ensayo en conjunto con la sección Inyección.

⇒ **Guía de Fallas de Inyección.**

El manual de Guía de Fallas de Inyección tiene la información de los principales problemas que ocurren en las máquinas inyectoras, las causas potenciales y sus respectivas soluciones, siempre y cuando el defecto se lo pueda corregir con regulación de la maquina inyectora, caso contrario se debe comunicar al supervisor de producción. También contiene la forma correcta de operar las máquinas inyectoras y los moldes asignados para trabajar en cada inyectora.

Este manual fue elaborado por la sección Inyección, tomando como referencia manuales de los proveedores de las máquinas inyectoras.

Los instructores de esta charla son el superintendente de Evaluación y Ensayo y el superintendente de Inyección, dada su experiencia en el laboratorio y planta respectivamente, las dos horas de duración que tiene la charla será distribuida equitativamente en estos dos temas principales, es decir:

Una hora el superintendente de Evaluación y Ensayo y los inspectores de calidad explicarán los Puntos críticos de control de calidad; y una hora el superintendente de Inyección lo hará con la Guía de Fallas de Inyección.

✓ **Mejoramiento implementado en el Taller de Molde**

El mejoramiento en el Taller de Molde se basa en la disminución de la fricción existente entre la materia prima fundida y el bebedero del molde al mejorar su acabado interior, correcciones en el montaje del molde en la inyectora y corrección dimensional de herramientas del molde.

**Justificaciones del Mejoramiento en los Moldes**

El mejoramiento en los moldes busca reducir el desperdicio de materia prima por fallas en los moldes de las inyectoras mínimo un 20%.

El cromado que se realice en el bebedero de los moldes ayudará a que la materia prima tenga mayor fluidez en su transporte desde la inyectora hasta el molde ya que esta superficie lisa sin rugosidades evitará que la materia prima, grasa, condensaciones, etc. obstruyan la circulación del PVC.

Las mangueras hidráulicas constituyen un problema por su ubicación inferior en el molde que impide su normal expulsión y ocasiona que el accesorio se manche con aceite y grasa al hacer contacto con él mismo. Por ello su ubicación se modificará en el montaje del molde, se ubicarán por encima del molde para despejar el área de expulsión del accesorio

### **Objetivos del Mejoramiento en el Taller de Molde**

- ⇒ Reducción del desperdicio de materia prima por problemas en los moldes en la sección inyección.
- ⇒ Reducir la hora-máquina paradas por problemas en los moldes de la inyectora.

### **Desarrollo del Mejoramiento en el Taller de Moldes**

El procedimiento seguido para el desarrollo del mejoramiento en el Taller de moldes es primero verificar si cuenta con los recursos apropiados para trabajos como rectificado de herramientas, cromado de piezas, ó trabajos de matricería complejos; pero debido a que el taller cuenta con recursos para realizar trabajos en fresadoras, tornos, esmeril, y demás trabajos mecánicos sencillos en los moldes, se decide seleccionar a la mejor opción entre tres

proveedores externos. Para los siguientes trabajos en los moldes fue necesaria su cotización por proveedores externos:

⇒ Para mejorar la circulación de materia prima PVC fundida desde la inyectora hasta el molde es necesario que el acabado del bebedero (parte del molde que recibe el PVC desde la inyectora) esté libre de partículas de desperdicio adheridas en sus paredes.

Se planifica que sean cromados los bebederos de treinta moldes de los cuarenta moldes existentes en el Taller de Moldes; pero dada la cantidad de moldes existentes, el tiempo e inversión que conllevaría este mejoramiento se decide hacerlo en forma metódica, es decir, el cromado se realizará a cinco moldes cada seis meses, es decir, que en 2 años se habrá cromado todos los bebederos de los moldes.

Para lo cual se decide realizar el cromado de bebederos en 5 moldes utilizados en inyectoras de mayor tonelaje con mayor rotación en producción (Cromo duro – espesor de cromo 0.030 mm.), como sigue:

- ✓ Codo 110 mm. X 90° D/N
- ✓ Tee Reductora 110 a 50 mm. D/N
- ✓ Tee Reductora 110 a 75 mm. D/N

- ✓ Tee 75 mm. D/N
- ✓ Reductor Largo 75 a 50 mm. D/N

⇒ El vástago del molde Yee 110 mm. se recortó 22 mm. para evitar se continúe trabando el accesorio dentro del molde al expulsarlo, y el rectificado de dos vástagos.

⇒ La ubicación de las mangueras hidráulicas de los moldes en su parte inferior genera muchos problemas, ya que estas telarañas que se forman con las mangueras hidráulicas hacen que los accesorios se manchen con aceite o polvo, también impiden que el accesorio caiga directamente en la bandeja receptora del producto terminado y muchas veces el accesorio se queda enredado y es triturado al cerrarse nuevamente el molde, poniendo en riesgo de que alguna herramienta del molde sufra una fisura.

Por lo que es necesario comunicar a los mecánicos del Taller de Molde que al realizar el montaje del molde, la Tee de bronce, que es el accesorio de los moldes que conecta los cilindros hidráulicos por medio de las mangueras hidráulicas debe ser colocada en la parte superior del molde. Además se hizo una revisión de los acoples de las mangueras hidráulicas de los moldes, las cuales van conectadas a los cilindros neumáticos de los moldes. Se pudo detectar el mal estado de la mayoría de los acoples de las

mangueras, por ello fue necesaria la renovación de 30 acoples de las mangueras hidráulicas en mal estado y también de 5 Tee de bronce. Las Tee de bronce son accesorios que sirven para la distribución de aceite hacia los cilindros neumáticos. Las tee de bronce normalmente se ubicaban en la parte inferior del molde, pero la acción correctiva que se tomó implicaría que su ubicación sea en la parte superior del molde.

#### **4.4 Análisis Costo – Beneficio.**

##### **Costos de acciones Correctivas y Preventivas**

Para calcular los costos de acciones correctivas y preventivas se toman en consideración:

##### **➤ Inversión en la capacitación de personal de planta**

Se capacitará a 15 operadores de la sección inyección y 6 inspectores del departamento de Evaluación y Ensayo, dos horas por día, un día a la semana, durante 7 meses del año, lo cual implica que recibirán 56 horas de capacitación anuales.

Estas 56 horas de capacitación es remunerada para el personal de planta con sobretiempo pagadas al 50% adicional del costo por hora-hombre, es decir \$1.95 x hora.

También se considera los costos por la adecuación de la sala de conferencia con los equipos audiovisuales, suministros de oficina, material de apoyo, refrigerios, etc.

➤ **Inversión en el Taller de Moldes**

Para el cálculo de las inversiones realizadas al Taller de molde se consideran: los costos de los cromados de los moldes, la reparación del molde por el vástago alargado, el cambio de acoples y tee de bronce en el sistema hidráulico de los moldes.

Las acciones correctivas y preventivas que se implementan representan los siguientes costos para la compañía, descritos en la Tabla No.16.



**TABLA 16**  
**ANÁLISIS DE COSTOS POR MEJORAS**

**ANÁLISIS DE COSTOS POR MEJORAS**

ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL ANUAL
<b><u>CAPACITACION INYECCION 2005</u></b>			
Costo Horas de Sobretiempo:			
6 inspectores	12 \$/charla	28 charlas	\$ 328
15 operadores	29 \$/charla	28 charlas	\$ 856
Otros:			
uso de equipos audiovisuales, suministros de oficina, muestras de planta, refrigerios, etc.	40 \$/charla	28 charlas	\$ 1,120
<b>TOTAL CAPACITACION ANUAL</b>			<b>\$ 2,303</b>
<b><u>MEJORAMIENTO EN TALLER DE MOLDES</u></b>			
<b><u>Moldes Cromados</u></b>			
Codo 110 mm. x 90°	\$ 320	1 molde	\$ 320
Tee Reductora 110 a 50 mm. D/N	\$ 415	1 molde	\$ 415
Tee Reductora 110 a 75 mm. D/N	\$ 380	1 molde	\$ 380
Tee 75 mm. D/N	\$ 250	1 molde	\$ 250
Reductor Largo de 75 a 50 mm. D/N	\$ 280	1 molde	\$ 280
<b><u>Molde Reparado</u></b>			
Yee 110 mm. D/N	\$ 210	1 molde	\$ 210
<b><u>Manueras Hidráulicas</u></b>			
Acoples para mangueras hidráulicas	\$ 15	30 UNID	\$ 450
Tee de Cobre	\$ 25	5 UNID	\$ 125
Cambio de ubicación de sistema hidráulico	\$ 0	x	\$ 0
<b>TOTAL TALLER DE MOLDES</b>			<b>\$ 4,733</b>
<b>TOTAL INVERSION</b>			<b>\$ 7,036</b>

Como se observa en la Tabla 16 el costo anual por las acciones correctivas y preventivas da como resultado \$7,036

### **Ingresos estimados por acciones correctivas y preventivas**

Así mismo se espera que con esta inversión se pueda beneficiar la compañía con la reducción de sus gastos por el desperdicio y horas-improductivas. Para lo cual nos hemos planteado lograr un desperdicio de materia prima del 1,60% contra el 1,83% actual.

Entonces el primer cálculo es cuanto dejaría de perder la compañía por esta reducción de desperdicio mediante la siguiente fórmula:

<b>Pérdida mensual esperada por desperdicio de materia prima</b>	=	Pérdida mensual actual por desperdicio de materia prima	X	$\frac{\% \text{ desperdicio esperado}}{\% \text{ desperdicio actual}}$
--	---	---	---	---

Con lo cual hallamos la reducción mensual por desperdicio esperado. Utilizando la razón de desperdicio por hora que tenemos como dato sacamos las reducción de horas improductivas esperadas, previamente se debe calcular la reducción de desperdicio esperado utilizando la formula anterior, es decir, multiplicar el desperdicio actual por el porcentaje esperado de desperdicio y dividir para el porcentaje actual. Entonces la reducción de horas improductivas se las calcula con la siguiente fórmula:

<b>Reducción de horas inproductivas</b>	=	Razon de desperdicio (h/Kg.)	X	Desperdicio de materia prima esperado
---	---	------------------------------	---	---------------------------------------

Por lo tanto la reducción mensual por horas inproductivas esperada se la calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Reducción mensual por horas inproductivas esperada} = \text{Reducción de horas inproductivas} \times \text{Costo de horas-hombre} \times \text{Numero de Operadores}$$

Para obtener cual sería la reducción anual de desperdicio se multiplica la reducción mensual por los doce meses del año.

Los beneficios que la compañía obtendrá luego de las mejoras implementadas están descritos en la Tabla 17.

**TABLA 17**  
**INGRESOS ESTIMADOS POR ACCIONES DE MEJORA**

**INGRESOS ANUALES ESTIMADOS POR MEJORAS**

<b>DATOS</b>	
Horas inproductivas mensual (h):	456 h
Desperdicio mensual (Kg.):	1578 Kg.
Porcentaje de desperdicio de materia prima actual	1.83%
Porcentaje de desperdicio de materia prima esperado	1.60%
Costo Total Desperdicio de materia prima (\$/mes)	\$ 1,262
Costo material reprocesado (\$/Kg.):	0.45 Kg.
Costo materia prima (\$/Kg.):	0.9 Kg.
Razón de desperdicio (Kg./h) = $\frac{\text{Desperdicio mensual}}{\text{Horas inproductivas mensual}}$	3.5 Kg./h
<b>CALCULOS</b>	
Pérdida mensual por desperdicio de materia prima esperado = Costo Total desperdicio actual X $\frac{\text{porcentaje de desperdicio esperado}}{\text{porcentaje de desperdicio actual}}$	\$ 1,103
Reducción mensual por desperdicio esperado	\$ 159
<b>Reducción anual por desperdicio esperado</b>	<b>\$ 1,903</b>
Desperdicio (h / Kg.) = $1 / \text{desperdicio (Kg./h)}$	0.29 h/Kg.
Desperdicio de materia prima esperado = Desperdicio actual X $\frac{\text{porcentaje de desperdicio esperado}}{\text{porcentaje de desperdicio actual}}$	1380 Kg.
Reducción de desperdicio esperado	198 Kg.
Reducción de horas inproductivas esperado	57 h
Reducción mensual por horas inproductivas esperado = Reducción de horas inproductivas X Costo de horas-hombre X # de operadores	\$ 2,210
<b>Reducción anual por horas inproductivas esperado</b>	<b>\$ 26,519</b>
<b>TOTAL INGRESOS ANUALES</b>	<b>\$ 28,423</b>

Como se observa en la Tabla 17 el ingreso anual esperado para la compañía es la suma de la reducción anual de desperdicio por la reducción de horas improductivas, lo cual da como resultado \$28,423

La rentabilidad anual de la inversión durante tres años se encuentra descrita a continuación en la Tabla No.18.

**TABLA 18**  
**RENTABILIDAD ANUAL DE INVERSIÓN**

DESCRIPCIÓN	RENTABILIDAD ANUAL DE INVERSION			
	INVERSION INICIAL	AÑO		
		1	2	3
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 4,773			
COSTO POR CAPACITACIÓN		\$ 2,303	\$ 2,303	\$ 2,303
COSTO POR TALLER DE MOLDES		\$ 4,773	\$ 9,546	\$ 9,546
<b>COSTOS DE INVERSION ANUAL</b>		<b>\$ 7,076</b>	<b>\$ 11,849</b>	<b>\$ 11,849</b>
<b>INGRESO ANUAL ESPERADO</b>		<b>\$ 28,423</b>	<b>\$ 28,423</b>	<b>\$ 28,423</b>
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$ -4,773</b>	<b>\$ 21,347</b>	<b>\$ 16,574</b>	<b>\$ 16,574</b>
<b>TIR</b>	<b>426%</b>			
<b>VAN</b>	<b>\$ 35,086</b>			

La inversión inicial está compuesta por: el costo inicial del cromado de los 5 moldes en el taller de moldes. El costo por capacitación se reflejará en el primer año.

### **Conclusiones sobre el Análisis Costo-Beneficio**

Los resultados obtenidos del análisis económico son los siguientes:

Se requiere una inversión inicial por la suma de: **\$4,773.00**

Tasa Interna de Rendimiento igual a **426%**, superior a la tasa de interés (de descuento) fijada en el **12%**.

Valor actual Neto igual a **\$ 35,086 > 0**

En conclusión se decide invertir en las soluciones propuestas en este estudio por tener resultados positivos lo que hace conveniente la implementación de la propuesta.

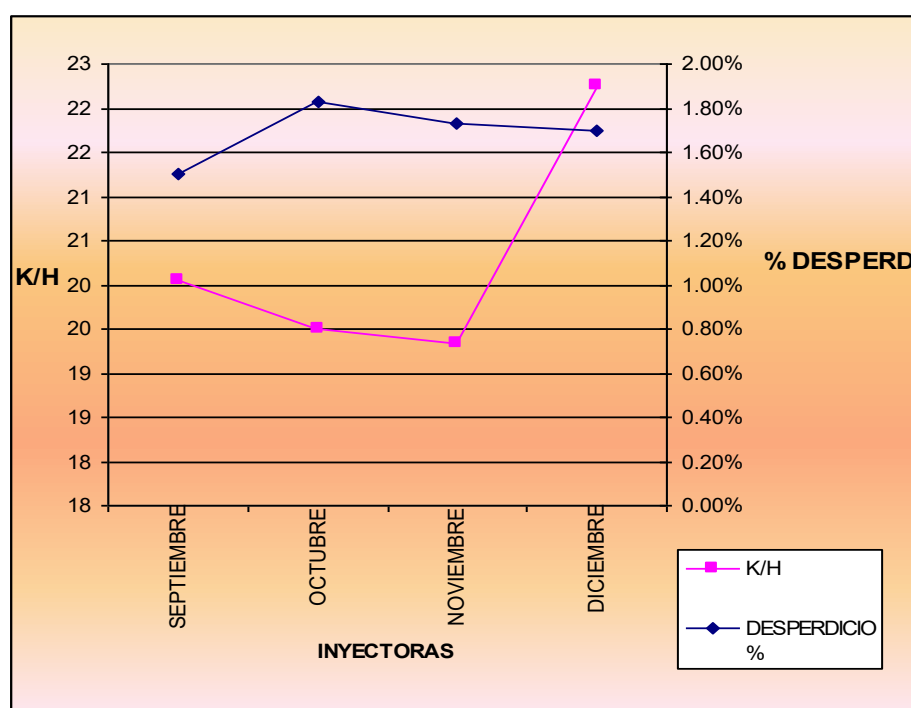
#### **4.5 Medición de mejoras implementadas**

Las acciones correctivas y preventivas que se implementaron en la sección inyección, para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, fueron medidas en función de los beneficios que obtuvieron para el proceso de inyección de PVC.

Durante los meses de Noviembre y Diciembre /2004 se pudo obtener los primeros datos estadísticos del impacto que generaron las acciones de mejora en los índices de producción. A continuación se cuantifica la producción y el desperdicio generado durante el mes de Diciembre:

**TABLA 19**  
**ÍNDICES DE PRODUCCIÓN MENSUALES DICIEMBRE**

MES	DESPERDICIO MENSUAL	PRODUCCIÓN MENSUAL	DESPERDICIO %	K/H	EFICIENCIA %
SEPTIEMBRE	1378 K	91820 K	1.50%	20	79%
OCTUBRE	1578 K	86410 K	1.83%	20	86%
NOVIEMBRE	1795 K	103881 K	1.73%	19	84%
DICIEMBRE	1332 K	78601 K	1.70%	22	76%



**GRÁFICO 4.6: ÍNDICES DE PRODUCCIÓN MENSUALES DICIEMBRE**

Como se observa en la gráfica 4.6 el desperdicio generado en el mes de Diciembre ha disminuido con respecto a los meses de Octubre y Noviembre del 2004. También se puede observar un notorio aumento

del factor K/H en el mes de Diciembre; aunque la eficiencia en la sección inyección ha descendido.

Para poder evaluar las acciones correctivas tomadas durante los meses de Noviembre y Diciembre, se realizará una cuantificación mensual del desperdicio generado por los problemas:

- Calidad: Defectos visuales.
- Moldes: Falta de limpieza en los bebederos.
- Moldes: Fallas en las mangueras hidráulicas.

El resultado de esta evaluación mensual es la siguiente:

- ✓ Reducción del desperdicio generado por calidad (defectos visuales) en 92%
- ✓ Reducción del desperdicio y tiempos de máquina parada generado por falta de limpieza en los bebederos en 100%
- ✓ Reducción de desperdicio y tiempos de máquina parada por fallas en las mangueras hidráulicas en 45%.



# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Los objetivos planteados en la presente tesis como la reducción de desperdicio de materia prima en el proceso de inyección de PVC fueron logrados en los meses de Noviembre y Diciembre del 2004, con lo cual se logró un aumento del índice de producción Kg./H, en dichos meses; esto pronostica una disminución del desperdicio de materia prima en el año 2005, lo cual es tiene como soporte el análisis costo beneficio realizado para los tres años siguientes.
- La capacitación que reciban los operadores de la sección inyección el año 2,005, debe evidenciarse en la planta con un cambio en sus recursos técnicos para identificar y resolver problemas en las inyectoras y así lograr reducir los tiempos de para en las inyectoras.

## RECOMENDACIONES

- Las reuniones del comité deben ser objetivas, revisar los problemas o defectos ocurridos en planta y analizarlos desde diferentes puntos de vista por los miembros del comité. Por ello la importancia de convocar a estas reuniones a personas especializadas en diferentes áreas.
  
- Uno de los principales obstáculos que se tuvo al implementar las mejoras en el Taller de molde referente al cambio de ubicación de mangueras hidráulicas fue la resistencia al cambio; pero esta resistencia disminuye cuando al personal de planta se le demuestra con resultados positivos la dedición tomada por el comité de calidad.
  
- El líder y el secretario del comité de calidad deben crear el ambiente adecuado para que los miembros estén dispuestos a participar y aportar con ideas en las reuniones, y así mismo deben estar dispuestos a escuchar abiertamente a los demás miembros aunque no estén de acuerdo con lo expresado.

# APÈNDICES

## APÉNDICE 1

### ACCESORIOS DE INYECCIÓN PVC

PVC DESAGÜE	PVC PRESION	POLIPROPILENO
Codo Desagüe 50mm x 45° C/C	Adaptador Hembra 1/2" C/R	Codo Roscado de 1/2 a 1/2"
Codo Desagüe 50mm x 90° E/C 8C	Adaptador Macho 1/2" C/R	Unión Universal de 1/2" R. P.
Codo Desagüe 75mm x 90° E/C	Adaptador Macho 20mm a 1/2" C/R	Unión Universal de 1/2" R. L. 1
Codo Desagüe 110mm x 45° E/C	Adaptador Macho 32mm a 1" C/R	Unión Universal de 1/2" R. L. 2
Codo Desagüe 110mm x 90° E/C	Codo 3/4" x 90° C/C	
Codo Desagüe 160mm x 90° C/C	Codo 1 1/2" x 90° C/C	
Reductor Desagüe 75 a 50 mm	Codo 25mm x 45° C/C	
Rejilla Desagüe 50mm	Codo 50mm x 90° C/C	
Rejilla Desagüe 75mm	Codo 63mm x 90° C/C	
Rejilla Desagüe 110mm	Codo 110mm x 90° C/C	
Tapón Hembra Desagüe 110mm	Neplo Flex de 1/2"	
Tapón Macho Desagüe 50mm	Neplo Flex de 1"	
Tapón Macho Desagüe 110mm	Neplo Flex de 1 1/2"	
Tee Desagüe 50mm E/C	Reductor Largo de 32 a 20mm	
Tee Desagüe 110mm E/C	Reductor Largo de 32 a 25mm	
Tee Reductora Desagüe 110 a 50 mm C/C	Tapón Hembra de 32mm	
Tee Reductora Desagüe 110 a 75 mm C/C	Tapón Hembra de 40mm	
Unión Desagüe 75mm	Tapón Hembra de 50mm	
Unión Desagüe 110mm	Tee de 1 1/2" C/C	
U Con Registro Desagüe 50mm	Tee de 25mm C/C	
U Sin Registro Desagüe 50mm	Tee de 32mm C/C	

Yee Desagüe 75mm	Tee de 63mm C/C	
Yee Desagüe 110 x 110mm E/C 2C	Unión de 1/2"	
	Unión de 1"	
	Unión de 1 1/2"	
	Unión de 25mm	
	Unión de 32mm	
	Unión de 50mm	
	Unión Flex de 1/2"	
	Unión Flex de 1"	
	Unión Flex de 2"	

## APÉNDICE 2

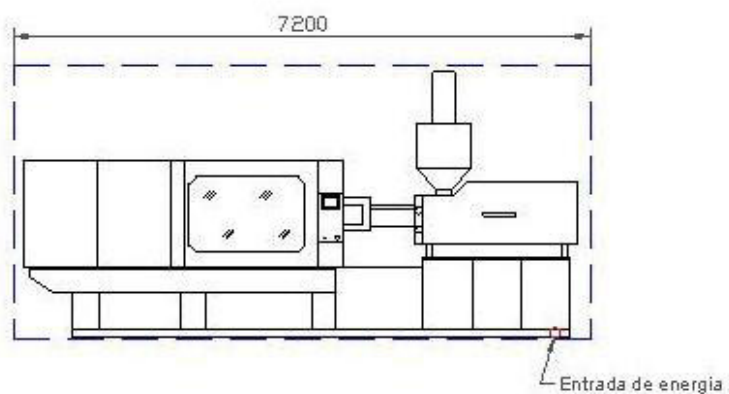
### DESCRIPCIÓN DE MAQUINAS INYECTORAS

#### CARACTERISTICAS DE LAS INYECTORAS

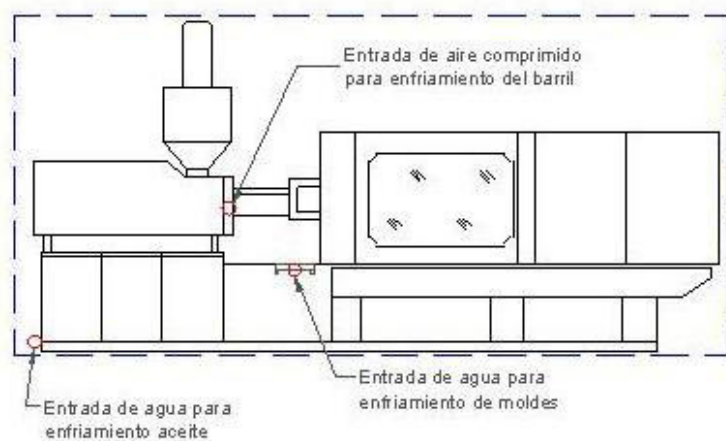
	REED 250 TG		REED 300 TG		REED 400 TG		CINCINNATI VT 220		ENGEL ES 700/150		CINCINNATI T 450	
<i>Unidad de cierre</i>	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Fuerza de cierre	250	tons	300	tons	400	tons	220	tons	1500	kN	450	tons
Sup. Utl de mesas	33x33	pulg	36x36	pulg	41.75x41.75	pulg	21.3x19.3	pulg	460x460	mm	32.3x32.3	pulg
Carrera	20.5	pulg	22.5	pulg	26	pulg	20	pulg	460	mm	47.2	pulg
Espesor max del molde	22	pulg	24	pulg	28	pulg	19	pulg	460	mm	9.8	pulg
Espesor min molde	6	pulg	6.5	pulg	7.5	pulg	6	pulg	150	mm	29.5	pulg
Diemnsiones maxmolde (hor x ver)	22 x 33	pulg	24x36	pulg	28x41.75	pulg	30.9x30.1	pulg	700x700	mm	43.3x43.3	pulg
Diametro columnas	3.75	pulg	4.25	pulg	5	pulg	3.7	pulg	85	mm	5.51	pulg
Fuerza extractor	10.3	tons	10.3	tons	10.3	tons	6.1	tons	54	kN	8.3	tons
Carrera extractor	5	pulg	5.5	pulg	6.25	pulg	3.9	pulg	150	mm	7.9	pulg
Presión Hid. Trabajo	2500	psi	2500	psi	2500	psi	3000	psi	160	bar	2950	psi
Capacidad de aceite	125	gal	125	gal	165	gal	113	gal	360	lt	190	gal
<i>Unidad de inyección</i>												
Diametro Husillo	2.5	pulg	3	pulg	3.375	pulg	2.165	pulg	50	mm	3.15	pulg
Vol. Teórico inyección	36.8	pulg <sup>3</sup>	63.6	pulg <sup>3</sup>	90.53	pulg <sup>3</sup>	36	pulg <sup>3</sup>	392	mm <sup>3</sup>	110.4	pulg <sup>3</sup>
Capac. De inyec.	20	oz	35	oz	50	oz			353	gr	60	oz
Relación L/D	16	-	16	-	16	-	20	-	**	-	22.8	-
Presion sobre material	21025	psi	21267	psi	21948	psi	22737	psi	1350	bar	27800	psi
Velocidad de husillo	210	rpm	136	rpm	167	rpm	226	rpm	350	rpm	188	rpm
Zonas termoreguladas	**	-	**	-	**	-	**	-	4 + boquilla	-	4+ boquilla	-
Potencia de calefacción	18.3	kw	25.8	kw	32.1	kw	19.7	kw	11.3	kw	41.2	kw
Potencia motor electrico	40	hp	40	hp	50	hp	40	hp	37	hp	75	hp
<i>General</i>												
Marca	REED		REED		REED		CINCINNATI VT 220		ENGEL		CINCINNATI	
Tipo	250 TG		300 TG		400 TG		VT 220		ES 700/150		T 450 - 60	
Peso	18500	lbs	24000	lbs	39000	lbs	18300	lbs	8700	kg	44063.8	lbs
<b>INYECTOR</b>	<b>6</b>		<b>2</b>		<b>1, 5</b>		<b>3, 4</b>		<b>7</b>		<b>8, 9</b>	

## APÉNDICE 3

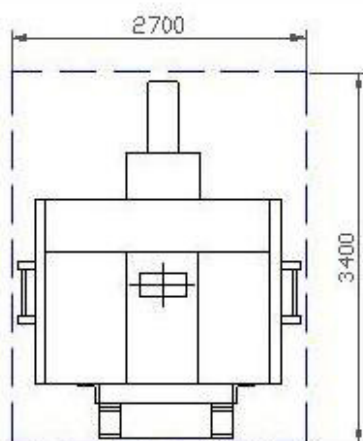
### DIAGRAMA DIMENSIONAL INYECTORAS



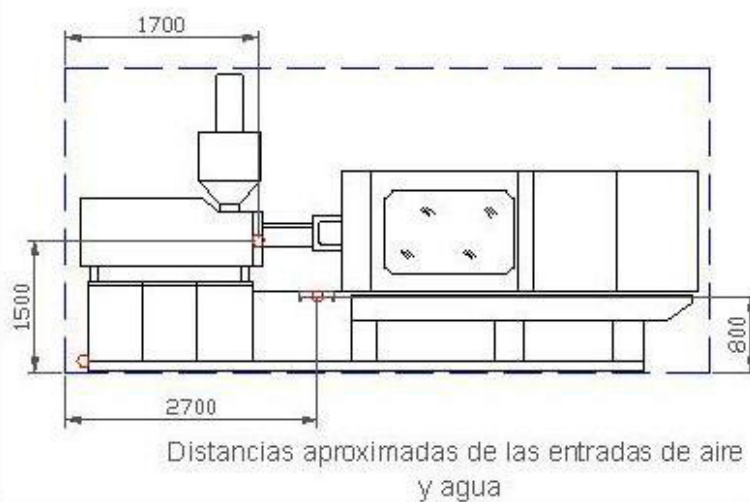
Vista frontal



Vista posterior



Vista lateral



Distancias aproximadas de las entradas de aire y agua

## APÉNDICE 4

### CAPACITACIÓN OPERACIONAL INYECCION 2005

<b>TEMAS:</b>	Puntos de Control de Calidad Guía de Fallas de Inyección
<b>INSTRUCTORES:</b>	Superintendente de Evaluación y Ensayo Superintendente de Inyección
<b>AL CULMINAR LA CHARLA LOS PARTICIPANTES ESTARÁN CAPACITADOS PARA:</b>	Determinar las mediciones requeridas por tipo de accesorio que se produzca Conocer las frecuencias del muestreo para inspección de calidad Descifrar causas potenciales de productos no conformes Tomar desiciones inherentes al mejoramiento de calidad en la producción
<b>FECHA:</b>	Todos los Jueves (15:00 - 17:00)
<b>LUGAR:</b>	Sala de Conferencias de la compañía
<b>PARTICIPANTES:</b>	Operadores de la sección Inyección (Turno A)
<b>FECHA DE INICIO:</b>	Diciembre 2 del 2004
<b>FECHA DE FINALIZACIÓN:</b>	Julio 7 del 2005
<b>DURACIÓN TOTAL:</b>	96 horas anuales



## BIBLIOGRAFÍA

***Guide To Quality Control.*** Ishikawa, Kaoru. (1985). Tokyo: Asian Productivity Association.

***What Is Total Quality Control? The Japanese Way*** Ishikawa, Kaoru. (1985). . Eaglewood Cliff, NJ: Prentice Hall

***Herramientas y Estadísticas Básicas Para El Mejoramiento De La Calidad.*** Kume Hiroshi.

Imai Masaaki (1997) GEMBA-KAIZEN publicado por Mc Graw Hill en Nueva York.

Imai Masaaki (1986) "KAIZEN la llave para el éxito competitivo Japonés"