



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACCIONES ESTRATÉGICAS PARA MEJORAR LA  
PRODUCTIVIDAD DE UNA MICROEMPRESA DE  
INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:  
SALGADO VALENCIA GABRIEL

DIRECTOR DE TESIS:  
ING. VÍCTOR RIVERA ROMAY

CD. UNIVERSITARIA OCTUBRE 2008





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA.

*A dios que me dio la oportunidad de vivir hasta ahora y llegar hasta donde he llegado.*

*Muy especialmente a mis padres que sin su esfuerzo, trabajo, apoyo, confianza y fe incondicional, esto nunca hubiera sido posible.*

*A mi hermana que sin su compañía, ejemplo y motivación no sería quien soy.*

*A mi Primo Cesar que lo quiero como mi hermano, que me acompaña y apoya en todo lo que hago.*

*A mis amigos: Karina Sánchez Galicia, Cesar Billy Gutiérrez Santacruz, Omar Dávila González, Gabriel Flores Velásquez, Luis Jiménez Triana, Alejandro Velasco Velasco, Álvaro Contreras Galicia, Ileri Cuevas Solano, José Fredy Ríos Garrido, y Claudia Becerril Endoqui. Que son una parte importantísima en mi vida, y gracias a ellos la vida universitaria fue una época inolvidable, no tengo palabras para agradecer su apoyo, amistad y compañía.*

## *Agradecimientos.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México y muy especialmente a la Facultad de Ingeniería por sus aulas, equipos, laboratorios, e Instalaciones que me formaron y me educaron para poder cooperar en el desarrollo de mi país.*

*Al Ing. Víctor Rivera Romay por ser mi asesor de tesis, por sus valiosas enseñanzas, comentarios y por confiar en mi para el desarrollo de este proyecto.*

*Al Ing. Pablo García y Colomé por compartir sus conocimientos en la carrera, apoyo y motivación para lograr mis objetivos.*

*Al M. I. Silvana Hernández, García, por ser una excelente profesora que me ayudo, motivo y apoyo incondicionalmente en todo momento y por aceptar acompañarme en los momentos más importantes de mi carrera.*

*Al Ing. José Luis Morales Salvatierra, por las valiosas aportaciones a este trabajo, por apoyarme en los momentos más complicados de la carrera y ayudar que llegara hasta donde he llegado.*

*Al M.A. Bonifacio Román Tapia, un excelente profesor que acepto la invitación como sinodal brindándome el apoyo necesario en este proyecto.*

*Y por último, a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, que me brindaron sus conocimientos y experiencias, y que me enseñaron el camino de la honestidad la perseverancia y el trabajo.*

---

---

## ÍNDICE

### PRÓLOGO

### OBJETIVO

### ANTECEDENTES

### CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA----- 1

<i>I.1 INTRODUCCIÓN</i> -----	2
<i>I.2 PRODUCTOS QUE SE FRABRICAN</i> -----	3
<i>I.3 POLÍTICA Y DIRECCIÓN</i> -----	5
<i>I.4 PERSONAL</i> -----	6
<i>I.5 MATERIA PRIMA</i> -----	7
<i>I.6 INSTALACIONES, EQUIPO Y HERRAMIENTAS</i> -----	7
<i>I.7 MANTENIMIENTO</i> -----	11
<i>I.8 MEDIO AMBIENTE</i> -----	11
<i>I.9 OBSERVACIONES</i> -----	12

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO----- 13

<i>II.1 INYECCIÓN DE PLÁSTICOS</i> -----	14
<i>II.1.1 INTRODUCCIÓN</i> -----	14
<i>II.1.2 DEFINICIÓN Y APLICACIONES DE LA INYECCIÓN DE PLÁSTICOS</i> -----	14
<i>II.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MOLDEO POR INYECCIÓN</i> -----	15
<i>II.1.4 ETAPAS DEL PROCESO</i> -----	16
<i>II.1.5 CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DEL PROCESO</i> -----	19
<i>II.1.6 MOLDES PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO</i> -----	26
<i>II.1.7 MAQUINARIA PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO</i> -----	29
<i>II.1.8 MAQUINARIA AUXILIAR PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS</i> -----	31
<i>II.1.9 MATERIA PRIMA</i> -----	31
<i>II.1.10 TEMPERATURA DEL PROCESO</i> -----	42
<i>II.1.11 ADITIVOS Y CATALIZADORES</i> -----	43
<i>II.1.12 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO</i> -----	44
<i>II.1.13 ACABADOS DE LAS PIEZAS OBTENIDAS</i> -----	45
<i>II.1.14 FALLAS MÁS COMUNES</i> -----	45
<i>II.2 HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</i> -----	46
<i>II.2.1 INGENIERÍA INDUSTRIAL</i> -----	46
<i>II.2.2 ANÁLISIS FACTORIAL</i> -----	47
<i>II.2.3 DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO (DE PESCADO O ISHIKAWA)</i> -----	60
<i>II.2.4 ANÁLISIS FODA</i> -----	62
<i>II.2.5 ESTUDIO DE LAY OUT (DISTRIBUCIÓN DE PLANTA)</i> -----	65
<i>II.2.6 CURSOGRAMA ANALÍTICO</i> -----	66
<i>II.2.7 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS</i> -----	67
<i>II.2.8 ANÁLISIS DE ORDEN Y LIMPIEZA</i> -----	69
<i>II.2.9 SEGURIDAD INDUSTRIAL</i> -----	69
<i>II.2.10 CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</i> -----	71

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA</b>	<b>72</b>
<b>III.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>73</b>
<b>III.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN</b>	<b>73</b>
<b>III.2.1</b>	<b>PROCESO PRODUCTIVO PARA ARTÍCULOS FABRICADOS CON MATERIAL RECICLADO</b>	<b>73</b>
<b>III.2.2</b>	<b>PROCESO PRODUCTIVO PARA ARTÍCULOS FABRICADOS CON MATERIAL VIRGEN</b>	<b>76</b>
<b>III.3</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>78</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO (ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS QUE ORIGINAN PROBLEMAS)</b>	<b>79</b>
<b>IV.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>80</b>
<b>IV.2</b>	<b>ANÁLISIS EN EL PROCESO PRODUCTIVO</b>	<b>80</b>
<b>IV.3</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS ÁREAS MÁS SIGNIFICATIVAS DE LA EMPRESA</b>	<b>86</b>
<b>IV.4</b>	<b>ANÁLISIS DE CAUSA Y EFECTO EN EL SISTEMA OPERATIVO DE LA EMPRESA</b>	<b>92</b>
<b>IV.5</b>	<b>PRODUCCIÓN ACTUAL</b>	<b>98</b>
<b>IV.6</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>100</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORA</b>	<b>101</b>
<b>V.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>102</b>
<b>V.2</b>	<b>OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>102</b>
<b>V.3</b>	<b>PLANTEAMIENTO INTEGRAL DE SOLUCIÓN</b>	<b>103</b>
<b>V.3.1</b>	<b>SUGERENCIAS PARA LA POLÍTICA Y DIRECCIÓN</b>	<b>103</b>
<b>V.3.2</b>	<b>PROPUESTA PARA EL PROCESO PRODUCTIVO</b>	<b>104</b>
<b>V.3.3</b>	<b>PROPUESTA PARA LA CALIDAD</b>	<b>111</b>
<b>V.3.4</b>	<b>PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>117</b>
<b>V.3.5</b>	<b>PROPUESTA PARA EL PERSONAL</b>	<b>120</b>
<b>V.3.6</b>	<b>PROPUESTA PARA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA</b>	<b>123</b>
<b>V.3.7</b>	<b>PROPUESTA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	<b>125</b>
<b>V.3.8</b>	<b>PROPUESTA PARA EL MEDIO AMBIENTE</b>	<b>135</b>
<b>V.3.9</b>	<b>RESUMEN (ACCIONES ESTRATÉGICAS GENERALES)</b>	<b>139</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>140</b>
	<b>ANEXO</b>	<b>141</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>146</b>

---

---

## **PRÓLOGO**

En el área técnica, el adecuado balance de los conocimientos teóricos y empíricos permite la mejora continua de los procedimientos y la incursión de nuevos mercados. El moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos, siendo el principal proceso de transformación de plástico seguido por el de extrusión.

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero en estado fundido (o ahulado) en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada. Para partes pequeñas, los moldes constan de varias cavidades que pueden ser de piezas iguales o diferentes, que al realizar el proceso se inyecta simultáneamente en todas las cavidades, fabricando así, más de una pieza a la vez para ahorrar tiempo y disminuir costos.

En este trabajo, el estudio es realizado a una empresa de este ramo, ubicada en el Distrito Federal. Siendo una microempresa, que principalmente se dedica a la elaboración de artículos de uso doméstico enfocados básicamente a la cocina.

Esta es una empresa que esta en proceso de crecimiento con 15 años de trayectoria expandiendo su mercado y en ocasiones se ve con una sobre demanda de los productos que fabrica, los cuales no puede surtir al 100%.

A se le puede aportar ideas para obtener mejoras, obviamente antes de proporcionar una mejora primero se tienen que detectar cuales son los problemas que tiene y analizarlos para ver cuanta influencia tienen, y más aún sobre el proceso productivo. Sin embargo, para identificar las causas que provocan problemas no es nada fácil, ya que se requiere de mucha observación y de analizar la información documentada proporcionada por la empresa.

## **OBJETIVO**

El objetivo general es conocer la situación actual de la empresa, ubicar y analizar sus principales problemas, proponer soluciones y sugerir estrategias que mejoren el funcionamiento general, tomando en consideración que al momento de su ejecución se requiere de un periodo razonable para poder ver los resultados, de los cuales se espera que en el futuro sean para bien de la empresa y de forma permanente, en la manera que incrementen su productividad y la hagan mejor.



## **ANTECEDENTES**

La empresa, cuenta con 15 años de actividad, inició como un negocio familiar en el año de 1993 emprendido por el actual dueño y jefe de familia, gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de algunos años de trabajo en empresas del ramo, las cuales lo capacitaron hasta lograr un nivel significativo de conocimientos en el ramo de los procesos del termoplástico. Se inicio sólo con una máquina automática de inyección de baja capacidad, no se contaba con ningún otro equipo auxiliar al proceso, se pigmentaba a mano, y el sistema de enfriamiento era una torre de tinas perforadas donde mediante una bomba de agua pequeña se hacia caer el agua entre las tinas para que con el viento del ambiente se enfriara.

Una vez que el espacio fue insuficiente en el domicilio del dueño, la empresa se mudo al lugar donde hoy en día se encuentra, actualmente se cuenta con 6 máquinas de inyección con todo el equipo necesario para que éstas trabajen sin problemas, se cuenta con equipo de maquinado para el mantenimiento de los moldes y una infraestructura que puede alojar un almacén y área de trabajo adecuados. Cabe señalar que estas máquinas no son de última generación, se trata de maquinaria Italiana de uso, la cual se han adquirido desde ese país por medio de una empresa dedicada a la compra venta de maquinaria, no es maquinaria moderna pero se les procura sacar el mayor provecho posible. La solvencia económica de la empresa no es muy buena pero tiene la capacidad de dar trabajo a sus 15 empleados.

## **CAPÍTULO I**

### **DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Conocer los aspectos generales que la conforman, con el propósito de definir características propias de su infraestructura y organización.

Se describen aspectos como su política y dirección, su personal, instalaciones, equipo, herramienta, materia prima, producto terminado, proceso de producción, mantenimiento, seguridad industrial, medio ambiente entre otros puntos relacionados con el área de trabajo de la empresa, tomando en cuenta su eficiencia, la organización y sus características. No se cubrirán los aspectos relacionados con su sistema económico y financiero.

## **I.1 INTRODUCCIÓN**

Se trata de una empresa de inyección de plástico, la cual se encuentra ubicada al sur del Distrito Federal en la delegación Tláhuac.

Es una microempresa que se dedica a la fabricación de artículos de plástico para el hogar, enfocados principalmente a la cocina. Tales como tazas, matamoscas, tinas pequeñas, platos y cucharas de diferentes tipos. Sus principales clientes se encuentran en Toluca, Puebla, Morelos, el Distrito federal y Estado de México.

La demanda de los clientes es extremadamente variable, dado que se produce para centros de distribución que manejan diferente tipo de clientela, tanto al mayoreo como al menudeo y generalmente la demanda se rige por el temporal y en las diferentes fechas y días festivos que se celebran a lo largo del año.

La materia prima que se usa es generalmente Poliestireno, Polipropileno y Polietileno, que son adquiridos tanto en estado virgen como reciclado, ésto dependiendo del tipo de producto que se vaya a fabricar, pues en ocasiones no le conviene a la empresa fabricar ciertos productos con material virgen dado que el precio de éstos no justifica la inversión.

Entre el equipo principal con el que cuenta esta empresa son 6 máquinas de Inyección y equipo auxiliar como compresores de aire, sistemas de enfriamiento, equipo de pigmentación, molienda, equipo de maquinado, y herramental de trabajo.

Se presentan enseguida las observaciones que se hicieron a partir de la información proporcionada por la empresa.

## I.2 PRODUCTOS QUE SE FABRICAN

Son productos que se utilizan en la cocina y en el hogar en general, en la tabla 1.1 se mencionan las especificaciones de cada uno de los artículos.

Tabla 1.1 productos que se fabrican y sus características

<b>Producto</b>	<b>Uso</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Peso</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Material de fabricación</b>	<b>Colores</b>
Plato taquero	Fabricado para uso en taquerías y negocios de comida	300 ml	25g	Espesor:1.8mm Diámetro:22cm Profundidad:1.5cm	• polipropileno	Verde Azul Rojo Amarillo Café Gris
Plato pastelero	Utensilio enfocado para uso en fiestas y celebraciones	200ml	20g	Espesor:1.8mm Diámetro:18cm Profundidad:1cm	• polipropileno	Café Azul nacarado Verde nacarado Rosa nacarado Amarillo nacarado Violeta nacarado
Plato para postres	Recipiente tipo tazón utilizado para postres gelatina, frutas en almíbar etc.	200ml	20g	Espesor:1.5mm Diámetro:13cm Profundidad:4cm	• Polipropileno • Poliestireno Cristal	Transparente Azul transparente Verde transparente Rojo transparente Violeta transparente Café Azul nacarado Verde nacarado Rosa nacarado Amarillo nacarado Violeta nacarado
Plato sopero	Utensilio diseñado para servir toda clase de sopas o alimentos de similares características	350ml	25g	Espesor:2mm Diámetro:19cm Profundidad:3cm	• polipropileno	Café Blanco
Molcajete para salsa	Recipiente utilizado para servir salsas aderezos, especias y condimentos	200ml	30g	Espesor:2.5mm Diámetro:12cm Profundidad:4cm	• polipropileno	Negro Blanco
Cuchara sopera	similares a las de una cuchara sopera tradicional	25ml	8g	Espesor:2mm Longitud:17cm	• polipropileno	Azul nacarado Verde nacarado Rosa nacarado Amarillo nacarado Violeta nacarado
Cuchara ensaladera	Diseñada para servir ensaladas de cualquier tipo, cócteles de frutas o verduras picadas	70ml	10g	Espesor:2mm Longitud:27cm	• polipropileno	Azul nacarado Verde nacarado Rosa nacarado Amarillo nacarado Violeta nacarado

<b>Producto</b>	<b>Uso</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Peso</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Material de fabricación</b>	<b>Colores</b>
Cuchara de cocina	Diseñada para el manejo de alimentos y guisados	70ml	10g	Espesor:2mm Longitud:16cm	• polipropileno	Azul Verde Rosa Amarillo Violeta Rojo Azul nacarado Verde nacarado Rosa nacarado Amarillo nacarado Violeta nacarado
Taza	Diseñada para servir cualquier tipo de bebida ya sea caliente o fría.	200ml	25g	Espesor:2mm Diámetro:8.5cm Profundidad:8cm	• Polipropileno • Poliestireno Cristal	Azul Verde Rosa Amarillo Violeta Rojo Azul nacarado Verde nacarado Rosa nacarado Amarillo nacarado Violeta nacarado
Tinas para pájaro	Diseñado para el cuidado y alimentación de aves en cautiverio, útil para servir toda clase de semillas o líquidos	200ml	20g	Espesor:2mm Longitud:11x6cm Profundidad:6cm	• Polietileno de lata densidad	Azul Verde Rosa Amarillo Violeta Rojo
Matamoscas tradicional	Herramienta para la eliminación de moscas, mosquitos o cualquier otro insecto.		20g	Espesor:3mm Longitud:18cm	• Polietileno de baja densidad • Polietileno de alta densidad	Azul Verde Rosa Amarillo Violeta Rojo
Matamoscas de Kitty	Herramienta para la eliminación de moscas mosquitos o cualquier otro insecto.		30g	Espesor:3.5mm Longitud:50cm	• Polietileno de alta densidad.	El mango siempre será blanco lo demás el resto del matamoscas será: Azul Verde Rosa Amarillo Violeta Rojo

## Artículos Fabricados

Los artículos antes mencionado se muestran en la figura 1.1, donde se puede apreciar cada uno de ellos



Fig. 1.1 artículos que se fabrican en la empresa

### I.3 POLÍTICA Y DIRECCIÓN

La empresa nace de un deseo emprendedor del dueño, quien tenía la inquietud de formar un negocio propio que le garantizara un empleo permanente y en el que al mismo tiempo aplicara todos sus conocimientos adquiridos a lo largo de cursos de electromecánica industrial y de toda su experiencia laboral en el ramo. Este proyecto nació cuando al dueño le pagaron con una máquina de inyección una deuda salarial cuando trabajaba para otra empresa. Es ahí cuando se cuenta con la primera máquina y se inician actividades sin que la política y dirección se definieran.

La misión y la visión actual de la empresa no están definidas, pero al preguntar por estas, la respuesta fue la que en seguida se describe:

La misión: *“suministrar productos a los hogares con criterio de calidad y constante anticipación a los cambios, con evolución permanente para satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes a nivel nacional.”*

La Visión: *“Ser la empresa más competitiva, dinámica e innovadora en el sector industrial que opera, que tanto los clientes como los empleados se sientan orgullosos de nuestros productos.”*

En cuanto a los Valores de la empresa, los siguientes son:  
Fiabilidad, seriedad, honestidad, conocimiento, accesibilidad, rapidez y atención en el servicio, iniciativa, mejora continua, promoción de cambio y trabajo en equipo.

La política de esta empresa esta basada en lograr la máxima utilidad a toda costa y ésto hace que se descuiden varios aspectos visibles en la compañía como una mala distribución de planta, aunado a una falta de orden y limpieza. Además de que carece de normas de seguridad tanto para el uso de sus maquinas como para el personal que trabaja.

## I.4 PERSONAL

El personal es el factor más importante, y cabe resaltar que debido a la variabilidad de la producción, existe una variación del personal, pero cuenta con una base que está permanentemente contratada y en trámites de cumplir con la ley Federal del Trabajo.

Básicamente después de las cuestiones gerenciales y económicas, existe un jefe de producción que planea, coordina, dirige y apoya en el proceso productivo, además de que también participa en las actividades de mantenimiento, que en este caso son de carácter correctivo más que preventivo.

El personal está compuesto de 15 personas, incluido el dueño y personal administrativo. Estos participan en la actividad productiva, y dependiendo de la demanda de los clientes, se trabaja en la preparación de la materia prima, la operación de las máquinas, y los acabados de las piezas.

Cabe mencionar que durante las temporadas de alta demanda, se requiere de mano de obra extra, que es contratada por dichas temporadas.

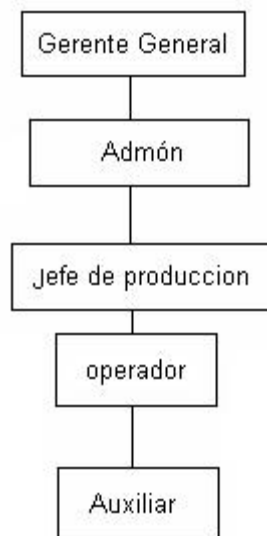


Fig. 1.2 Organigrama actual de la empresa.

El personal labora 8 horas de lunes viernes y los sábados medio tiempo, en los cuáles la gerencia mantiene cierta flexibilidad con los trabajadores cuando no se tiene una alta demanda, pero si la demanda es mucha el sábado se trabaja como tiempo completo y en ocasiones también los domingos, pagando conforme a la ley sus horas extras. Se les paga en efectivo y cuentan con atención médica particular ya que el seguro médico está en trámite.

Hay que resaltar que la empresa apoya a sus trabajadores con incentivos de puntualidad, y también con alimentos cuando las jornadas son muy largas. Se les paga aguinaldo y utilidades conforme a la ley. Todo este apoyo es por parte de la empresa con la finalidad de obtener una mejor respuesta cuando la empresa requiera un apoyo extra.

En lo referente a la capacitación se puede decir que es escasa, debido a que no cuenta con un manual de producción. Los obreros tienen que aprender las técnicas con el método de prueba y error.

Como datos adicionales:

- Hay poco ausentismo.
- La rotación de mano de obra es baja.
- Los días de asueto no están apegados a la ley federal del trabajo pero se negocia con los trabajadores y siempre se llega a un acuerdo.
- Existe una buena relación entre dirección y personal.

## **I.5 MATERIA PRIMA**

La materia prima utilizada es el polipropileno el poliestireno cristal y el polietileno, de mayor a menor grado respectivamente, en la tabla 1.1 se menciona en que artículos se emplea cada polímero, aunado a esto se requiere de pigmentos y aditivos para lograr los diferentes colores de los productos. En el empaque se utiliza bolsas de polietileno de diferentes medidas, cinta canela, grapas y cartón corrugado.

## **I.6 INSTALACIONES, EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

Al iniciar, la empresa fue distribuida pensando solo en sus necesidades momentáneas, no se le dio mucha importancia al factor tiempo, teniendo actualmente problemas de distribución, pues la empresa ya creció y por otro lado tienen el problema del espacio, pues ya no es suficiente debido a la mala distribución.

La empresa siguen el criterio de distribución celular pues esto al parecer les ahorra espacio, y ahorran operadores de maquinaria, pero en ocasiones origina desorden y amontonamiento de materia prima y producto terminado, pues la capacidad de las máquinas sobrepasa a los operadores y estos no pueden dar el acabado necesario a las piezas o acomodar las piezas obtenidas.

El inmueble cuenta con 280 m<sup>2</sup> de superficie fincada en dos niveles con un pequeño estacionamiento donde caben 2 autos, y un espacio donde están las máquinas, esto en la planta baja, y en la planta alta un espacio para almacén con la oficina y el cuarto de maquinado o taller mecánico. En la figura 1.3 se muestran los esquemas de la distribución.



Fig. 1.3 Esquemas de distribución actual de la planta



Hay dos tipos de maquinaria en la empresa, la maquinaria vital en el proceso productivo y la alterna al proceso.

La empresa cuenta con 8 máquinas que son las mas importantes en todo el proceso, y tiene diversos equipos que son utilizados de manera alterna para mantenimiento, limpia, fabricación de herramientales, moldes, limpieza, almacenaje y movimiento de equipo pesado, siendo importantes para el proceso productivo.

Dado que la empresa tiene varias líneas de producto, la maquinaria se asigna por capacidades de fabricación.

### **Maquinaria vital en el proceso**

En la tabla 1.2 se mencionan las maquinas para el proceso y sus características

**Tabla 1.2 Maquinaria vital en el proceso**

No	Maquina	Función	Estado
1	De inyección marca Van-dorn de 40 gr +/- 2	Inyección	Trabajando
2	De inyección marca Negri-bocy de 100 gr +/- 2	Inyección	Trabajando
3	De inyección marca Negri-bocy de 50 gr +/- 2	Inyección	Trabajando
4	De inyección marca Negri-bocy de 50 gr +/- 2	Inyección	Trabajando
5	De inyección marca trucioma de 35 gr +/- 2	Inyección	Descompuesta
6	De inyección marca boy de 20 gr +/- 2	Inyección	Descompuesta
7	Pigmentadora de plásticos de 25 Kg de capacidad sin marca	Máquina encargada de dar coloración a la materia prima que utilizan las máquinas inyectoras	Trabajando
8	Molino de plástico	Se encarga de moler las piezas defectuosas para poderlas ocupar como materia prima otra vez	Trabajando
9	Torre de enfriamiento	enfria el agua que se utiliza para las máquinas	Trabajando

### **Máquinas alternas al proceso:**

- Torno: utilizado para la fabricación de piezas especiales que se requieren para algún molde, o accesorios para la maquinaria, también es utilizado para dar acabados a los moldes o hacer reparaciones a piezas o herramientas específicas.
- Taladros: cuenta con dos tipos, de banco y el tradicional portátil utilizados para diversas tareas de barrenado
- Compresores: abastecen el aire utilizado en diferentes puntos de la planta requerido por el proceso
- Bombas de agua: hacen circular el líquido por toda la planta para alimentación de maquinaria u otros requerimientos
- Diversas herramientas: utilizadas para el trabajo
- Grúa: es utilizada para mover y trasladar moldes de gran peso o algunos objetos pesados, capacidad 1.5 ton

### **Seguridad limpieza**

La inseguridad que existe en la mayoría de las empresas de México se debe mas que nada a la negligencia de los dueños, ya que también se requiere de inversión (más no gasto), beneficiando a trabajadores y a los dueños.

Otro punto observado es la falta de orden y limpieza, también es motivo de inseguridad y riesgo.

Se tiene que:

- El producto terminado se almacena donde hay espacio, no hay una zona específica para este.
- No cuenta con un sistema de seguridad industrial.
- No cuenta con extintores.
- Cuenta con equipo básico para el manejo de solventes y aditivos
- La vestimenta de los trabajadores la mayoría de las veces no es la adecuada.
- El botiquín de primeros auxilios no esta bien equipado.
- En el almacén de materia prima existe una gran cantidad de polvo, el cual afecta la calidad de la producción y de los polímeros.
- Hay un solo recipiente de basura en la fábrica.

## **I.7 MANTENIMIENTO**

El mantenimiento es la conservación de un sistema en su esencia o buena condición, y en teoría es fácil su aplicación, más no la práctica, ya que requiere una planeación y presupuesto, en la vida cotidiana son pocas las instalaciones que cuentan con un buen mantenimiento, y desgraciadamente en las microindustrias es visible este problema.

Esta empresa no escapa a este problema, en seguida se describen esas características:

- El mantenimiento es básicamente correctivo, sólo cuando la empresa se encuentra parada, rara vez se aplica el mantenimiento preventivo.
- No existe una bitácora o registro de las anomalías presentadas en cada máquina.
- No cuenta con personal capacitado para el mantenimiento.
- No tiene estadísticos para poder predecir futuras anomalías.

## I.8 MEDIO AMBIENTE

Se trata de un factor muy importante en cualquier empresa que no se debe de pasar por alto, ya que determina el grado de dificultad con la que se puede desarrollar la empresa. En la mayoría de los casos, el estudio previo para la instalación de una micro y pequeña empresa pasa desapercibido, por que no cuenta con una planeación de instalación de planta, principalmente debido a cuestiones financieras, de tiempo y falta de conocimiento.

Para este caso, la ubicación de la empresa fue arbitraria y no hubo un estudio técnico para elegir su ubicación, no se tomaron en cuenta el clima y las situaciones socio-políticas de la zona.

Estas son algunas características adicionales del medio ambiente de la empresa:

- El clima en la zona es templado con la estacionalidad climática típicas del Distrito Federal.
- La delegación Tláhuac es una zona con escasa actividad industrial.
- La gente residente de la zona esta acostumbrada a un estilo de vida con tintes rurales, que poco a poco es desplazado por la urbanización y una forma de vida mas activa, con necesidad de moverse y trasportarse mas rápido.
- Las vías de comunicación están siendo superadas en su capacidad y esto dificulta un poco el desplazamiento de materias primas y producto terminado.
- El entorno de la empresa es 100% residencial, pero hasta ahora la inconformidad de los vecinos no ha sido factor para impedir las labores de la empresa.

### ***Desechos residuales.***

Los residuos que la empresa produce no superan los 100 kg a la semana de los cuales se describe lo siguiente.

- Los desperdicios que genera el proceso por inyección son básicamente merma irrecuperable en bajos volúmenes, menos del 2% de la materia prima. El resto es 100% reciclable, y casi nada se tira a la basura
- El proceso productivo genera como basura residuos sólidos como: embases de materia prima, bolsas, botes, cartón corrugado etc.
- La recolección de estos residuos corre a cargo del camión recolector de la zona con el que se tiene un acuerdo para recoger los residuos 2 veces por semana
- Las aguas residuales son básicamente del sistema sanitario de la empresa.

## **I.9 OBSERVACIONES**

Dadas las condiciones en las que opera la empresa se afirma que el desempeño es malo, se observa que la distribución física de sus diversos elementos no es la adecuada, apenas logran terminar sus pedidos debido a la disponibilidad y flexibilidad del personal.

Se notan deficiencias en la seguridad, aunado a la mala distribución de la planta, creando un ambiente propicio para cualquier tipo de percance (accidentes laborales o incendio) cuyas consecuencias podrían ser muy lamentables.

La disponibilidad y atención de la dirección hacia sus subordinados es buena, pero sería conveniente reforzarla.

La actividad productora muestra muchas deficiencias, como ejemplo tenemos el almacenamiento de la materia que es guardada donde se encuentra espacio disponible.

También se observa un deficiente sistema de registros en su sistema de producción y ninguno en la materia prima y producto terminado, con lo cual no se visualizan el nivel de calidad de su producción

Los recursos humanos y materiales con los que se cuenta son aceptables y de ahí se puede partir para una mejor operación de la empresa, identificando y analizando sus problemas, para posteriormente emitir propuestas que ayuden a mejorar el desempeño de todo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Conocer los principios teóricos del proceso de inyección de plástico, para poder compararlos con el proceso actual aplicado en la empresa, definiendo lo que significa el proceso de inyección y sus características más importantes, para conocer ventajas y desventajas, con el objetivo de mejorar el proceso operativo de la empresa.

## II.1 INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

### II.1. 1 INTRODUCCIÓN

El proceso de inyección presenta ventajas y desventajas respecto a otros procesos de manufactura con plásticos, en este capítulo se describe su concepto, sus aplicaciones, las etapas del proceso, los polímeros para el proceso de inyección, las características de los moldes, las diversas técnicas de la inyección, las temperaturas apropiadas para el proceso y el equipo adicional.

### II.1.2 DEFINICIÓN Y APLICACIONES DE LA INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

PLASTICOS es una palabra que deriva del griego "Plastikos" que significa "Capaz de ser Moldeado", sin embargo, esta definición no es suficiente para describir de forma clara a la gran variedad de materiales que así se denominan.

Técnicamente los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente. Se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural. Es posible moldearlos mediante procesos de transformación aplicando calor y presión.

Los plásticos son parte de la gran familia de los Polímeros. Polímeros es una palabra de origen latín que significa Poli = muchas y meros = partes, de los cuales se derivan también otros productos como los adhesivos, recubrimientos y pinturas.

Una clasificación de los procesos de transformación se basa en los cambios del estado que sufre el plástico dentro de la maquinaria. Así, podemos encontrar la siguiente división:

- Procesos Primarios
- Procesos Secundarios

En los procesos primarios, el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado líquido y finalmente se solidifica, mientras que en los procesos secundarios se utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el artículo final sin pasar por la fusión del plástico.

Con base en estos criterios, los procesos de transformación principales se clasifican como sigue en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 clasificación de los procesos de transformación de plásticos**

<b>Procesos primarios</b>	<b>Procesos Secundarios</b>
Extrusión	Termoformado
Inyección	Doblado
Soplado	Corte
Calandreo	Torneado
Inmersión	Barrenado
Rotomoldeo	
Compresión	

## **Moldeo por inyección**

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. Consiste en introducir el plástico granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sinfín que actúa de igual manera que el émbolo de una jeringuilla. Cuando el plástico se reblandece lo suficiente, el tornillo sinfín lo inyecta a alta presión en el interior de un molde de acero o aleaciones de materiales ferrosos para darle forma. El molde y el plástico inyectado se enfrían mediante unos canales interiores por los que circula agua. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección resulta muy indicado para la producción de grandes cantidades de piezas. Se aplica a la industria del empaque, automotriz, electrónica, vestido, medicina, juguetes, construcción etc. Es decir el proceso de inyección de plástico tienen cada vez más aplicaciones en los sectores industriales y de consumo

El moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos susceptibles de ser reciclados son depositados en el ambiente, causando daños a la ecología.

### **II.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MOLDEO POR INYECCIÓN**

Ventajas del moldeo por inyección: Es un proceso muy popular ya que cuenta con una gran versatilidad de piezas que pueden fabricarse, hay rapidez de fabricación, el diseño es escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción, bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, el color transparencia u opacidad es buena, hay tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin insertos.

Algunas de sus desventajas son: Elevados costos de maquinaria, moldes y herramientas, se requiere de equipo alterno al proceso que en ocasiones eleva el costo de la inversión, emite niveles de ruido significativo y debido a las altas presiones que se manejan puede ser peligroso si no se tienen los cuidados necesarios, se emiten altas temperaturas por lo que las jornadas de trabajo para el operador se vuelven pesadas, algunos polímeros emiten vapores tóxicos al ser inyectados como el PVC.



## II.1.4 ETAPAS DEL PROCESO

El proceso de inyección es llevado totalmente por una sola máquina llamada inyectora con su correspondiente equipo auxiliar o periférico y consiste básicamente en 6 pasos principales (aunque algunos autores llegan a distinguir hasta 9 pasos):

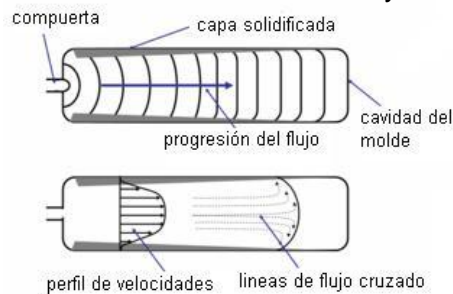
1. Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material normalmente es gránulo (pellet) en forma de esfera o cubo y se llena de polímero fundido. En algunos casos el termoplástico tiene que ser secado o deshumificado antes de utilizarlo.
2. Inyección. Se inyecta el polímero abriéndose la válvula y con el husillo que actúa como un pistón, se hace pasar el material a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.
3. Presión constante. La presión se mantiene constante para lograr que la pieza tenga las dimensiones adecuadas, pues al enfriarse tiende a contraerse.
4. La presión se elimina. La válvula se cierra y el husillo gira para cargar material; al girar también retrocede.
5. Enfriamiento. La pieza en el molde termina de enfriarse (este tiempo es el más caro pues es largo e interrumpe el proceso continuo)
6. Apertura. La prensa libera la presión y el molde se abre; las barras botadoras expulsan la parte moldeada fuera de la cavidad. La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde y el ciclo puede reiniciarse.

### 1. Molde cerrado y vacío.

Es básicamente el inicio del proceso donde arranca la secuencia de pasos para dar forma a la pieza que se requiere, el molde debe de estar preparado y bien instalado para iniciar el trabajo, ya que por lo general son tiradas largas de producción donde el molde debe de estar previamente probado para no fabricar piezas defectuosas o merma.

### 2. Inyección del polímero.

En la etapa de inyección ahora actúan los cilindros hidráulicos de inyección empujando el husillo hacia delante, utilizándolo como pistón al inyectar el material en las cavidades del molde, con una predeterminada presión y velocidad de inyección, el flujo de la resina por los conductos y compuertas de molde es muy importantes para la obtención de buenos resultados en esta etapa. En la figura 2.1 se muestra un diagrama del comportamiento del polímero en el momento de la inyección.



**Fig. 2.1 Flujo de polímero en la cavidad. La viscosidad del polímero aumenta al enfriarse en contacto con las paredes del molde.**

Los polímeros son materiales cuyas viscosidades son muy altas, por lo que su flujo es lento y complicado. El polímero entra en el molde y se va acumulando desde el punto de entrada, arrastrándose por las paredes y empujando el polímero en el centro. Cuando este toca las paredes del molde, comienza a enfriarse y solidificarse. Esto ocurre con cierta orientación baja, pero cuando se va llenando la cavidad en capas posteriores lejanas a la pared del molde, la orientación se incrementa y el enfriamiento congela los estreses generados, siguiendo un perfil de velocidades semejante al del flujo parabólico en un tubo.

El flujo de un polímero a través de una cavidad rectangular se puede estudiar utilizando condiciones isotérmicas, o con el molde a temperaturas menores que la Tg del polímero a estudiar.

Para los experimentos en condiciones isotérmicas, se observa que el tipo de polímero no modifica el flujo, que mantiene un perfil de velocidades constante, con un flujo radial después de la compuerta hasta llenar las esquinas. Después, el flujo se aproxima a un flujo tapón, perdiendo movilidad en las zonas de contacto con la pared fría. El flujo de cada polímero es estudiado por la reología.

Una aproximación al estudio del flujo de polímeros en el llenado de un molde es la ecuación de Hagen y Poiseuille, la cual considera parámetros en el régimen laminar.

Esta ecuación, despejada para la viscosidad del material es:

$$\eta = \frac{r^4 \pi \Delta P}{8LQ} = \frac{r \Delta P / 2L}{4Q / \pi r^3} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Donde:

- Viscosidad
- $r$  Radio del tubo o canal
- $P$  Caída de presión
- $L$  Longitud del tubo
- $Q$  Flujo volumétrico
- Esfuerzo cortante
- $\dot{\gamma}$  Velocidad de corte

Para el diseño de los canales en el molde, se observa de la ecuación anterior que la velocidad de corte y la viscosidad se ven afectadas por el diseño del radio del canal. Si el flujo volumétrico y la caída de presión se mantienen constantes, en condiciones isotérmicas entre los ciclos de moldeo, la viscosidad permanece constante y por lo tanto se espera que la calidad de la pieza moldeada sea constante.

En la práctica, se considera que los polímeros son fluidos no newtonianos (particularmente, son materiales viscoelásticos). Por lo tanto, se deberán hacer correcciones a la fórmula anterior dependiendo de para qué plástico se realice un análisis. También se utilizan "curvas de viscosidad", que grafican frente a  $\dot{\gamma}$ .

Un parámetro importante en el flujo incluye la temperatura; otra buena aproximación a polímeros obedece a la ecuación de Arrhenius:

$$\eta = K e^{\frac{-E}{RT}}$$

Donde:

$K$  Constante del polímero en cuestión

$R$  Constante universal de los gases ideales. Por lo general expresada en Joules, kelvins y moles  $8.314 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

$T$  Temperatura

$E$  Energía de activación para el flujo viscoso

### 3. Presión constante.

Si la fuerza de cierre es menor a la fuerza generada por la presión de inyección dentro del molde, éste se abrirá, teniendo como consecuencia que la pieza salga con exceso de plástico comúnmente llamada rebaba o flash, a la cual habrá que darle un acabado o ser molida para procesarla nuevamente.

Después de la inyección, la presión es mantenida un cierto tiempo, a este se le conoce con el nombre de presión de sostenimiento y normalmente es menor a la presión de inyección.

Normalmente se tiene en la punta del husillo una válvula de no retorno que impide que el material fluya hacia atrás en el momento de la inyección. Esta válvula se abre al dosificar y se cierra al inyectar, mientras el material se enfría, se vuelve más viscoso y solidifica hasta que la presión de sostenimiento no tiene efecto alguno.

### 4. La presión se elimina y la maquina recarga material para el siguiente ciclo.

Una vez que la presión de sostenimiento no es necesaria para mantener la resina dentro del molde. Se procede a la recarga de mas material para le ejecución del siguiente ciclo.

El material es plastificado principalmente por la rotación del husillo, convirtiendo la energía mecánica en calor, también absorbe calor de las bandas calefactores del cilindro, conocidas también como resistencias. Mientras el material es plastificado y homogenizado, se le transporta hacia delante, a la punta del husillo. La presión generada por el husillo sobre el material fuerza el desplazamiento del sistema motriz, el pistón hidráulico de inyección y del mismo husillo hacia atrás, dejando una reserva de material plastificado en la parte delantera del husillo. A este paso se le conoce como dosificación o carga del cilindro. El husillo sigue girando hasta que se acciona un switch límite que retiene la rotación. Este switch es ajustable y su posición determina la cantidad de material que queda delante del husillo.

El husillo al desplazarse hacia atrás fuerza la salida del aceite del pistón hidráulico de inyección. Esta salida de aceite puede ser directa al tanque o deposito por medio de una válvula para generar una cierta presión en el material que está siendo plastificado y homogenizado por el husillo. A esta presión se le conoce como contrapresión. Al finalizar la dosificación, se retrocede el husillo ligeramente para disminuir la presión del material y evitar que fluya hacia fuera de la boquilla cuando la unidad de inyección se separe del molde. A esto se le conoce con el nombre de descompresión y es controlado generalmente por un regulador de tiempo.

### 5. La pieza dentro del molde termina de enfriarse.

El calor de la pieza transmitido al molde durante el enfriamiento es disipado por un refrigerante, normalmente agua, que corre a través de los orificios hechos en el molde (circuitos ó canales de refrigeración). El tiempo de cierre necesario para enfriar la pieza se ajusta en un regulador de tiempo, Cuando este termina se abre el molde, un mecanismo de expulsión separa el artículo del molde y la máquina se encuentra lista para iniciar el próximo ciclo.

### 6. La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde.

El cierre del molde se lleva en dos pasos. Primero un cierre a alta velocidad y momentos antes de que las mitades del molde hagan contacto se reduce la velocidad cerrando lentamente y a baja presión hasta que el molde se encuentra cerrado completamente. Esto se hace con el fin de proteger el molde. Después de cerrado el molde, se eleva la presión del aceite, en el cilindro hidráulico generando la fuerza de cierre para mantener cerrado el molde durante la inyección.

## II.1.5 CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DEL PROCESO

### PVT (relaciones de presión-volumen-temperatura).

En cualquier polímero, las relaciones entre presión, volumen y temperatura son muy importantes para obtener un proceso de inyección eficiente, ya que el volumen específico de un polímero aumenta al ascender la temperatura del mismo. Entre estas dos dimensiones se presentan curvas isobáricas por las cuales se guía el polímero.

El comportamiento de los polímeros amorfos y semicristalinos en el paso de enfriamiento es muy diferente, lo que debe ser tenido en cuenta si se quiere obtener una pieza de alta calidad.

Para diseño de equipos de proceso es necesario conocer las relaciones de PVT de los polímeros que se utilizarán, en su forma final. A continuación se mencionan los parámetros más comunes para el inicio de las relaciones de PVT, basados en la ecuación de Flory:

Coefficiente de expansión térmica.

Compresibilidad isotérmica.

$$\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$
$$\beta = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$$

Y una ecuación empírica es:

$$\beta (P, T) = \left\{ (P + B) \left[ \frac{1}{0.0894} - \ln \left( 1 + \frac{P}{B} \right) \right] \right\}^{-1}$$

Cuando  $P = 0$ ,  $\beta (0, T) = 0.0895/B(T)$

Las relaciones de PVT se utilizan en ingeniería de polímeros para lograr un sistema técnico que, basado en la teoría molecular, proporcione datos aplicados a los polímeros en estado fundido en un amplio rango de presión y temperatura. Esto se logra con datos empíricos concretos y limitados. Para determinar estas relaciones existen otras ecuaciones como la de Simha-Somcynsky, el modelo para fluidos de Sanchez y Lacombe y por supuesto, la ecuación de mayor éxito, la ecuación de Flory (Flory-Orwoll-Vrij).

### **Cristalización y deformación de la pieza al enfriarse (contracción).**

Debe tenerse en cuenta que la razón de este fenómeno se debe al cambio de densidad del material, que sigue un propio comportamiento fisicoquímico, particular para cada polímero, y que puede ser isotrópico o anisotrópico.

De acuerdo con las relaciones de PVT anteriores, se infiere que la parte moldeada sufrirá una contracción, presentando cada polímero diferentes tipos de contracción, sin embargo, puede decirse que siguen las mismas ecuaciones para contracción isotrópica:

$$C_v = \frac{V_c - V_{mp}}{V_c} = 1 - \frac{V_{mp}}{V_c}$$

$$C_L = \frac{L_c - L_{mp}}{L_c} = 1 - \frac{L_{mp}}{L_c}$$

$$C_v \approx 3 \times C_L$$

Donde:

- $L_c$  longitud de la cavidad
- $L_{mp}$  longitud de la parte moldeada
- $C_v$  contracción volumétrica
- $C_L$  contracción lineal
- $V_c$  Volumen de la cavidad
- $V_{mp}$  Volumen de la parte moldeada

Los polímeros semicristalinos modificarán más su tamaño dependiendo de la temperatura en la cual se les permita cristalizar. Las cadenas que forman esferulitas y lamelas ocupan menos espacio (mayor densidad) que las cadenas en estado amorfo.

Por ello, el grado de cristalinidad afecta directamente a la densidad final de la pieza. La temperatura del molde y el enfriamiento deben ser los adecuados para obtener partes de calidad.

A continuación en la tabla 2.2 se enumeran algunos valores comunes de contracción en polímeros para inyección (para diseño de moldes es conveniente solicitar una hoja de parámetros técnicos del proveedor de polímeros para obtener un rango específico).

Termoplástico	Contracción (%)
Acrilonitrilo butadieno estireno	0,4 – 0,8
Poliacetal	0,1 – 2,3
Polimetilmetacrilato (PMMA)	0,2 – 0,7
Acetato de celulosa	0,5
Nylon 6,6	1,4 – 1,6
Policarbonato	0,6
Polietileno de baja densidad	4,0 – 4,5
Polipropileno	1,3 – 1,6
Poliestireno	0,4 – 0,7
PVC Rígido	0,6 – 1,2
PVC plastificado	1,0 – 4,5

**Tabla 2.2 valores comunes de contracción en polímeros para inyección.**

Graficas de parámetros.

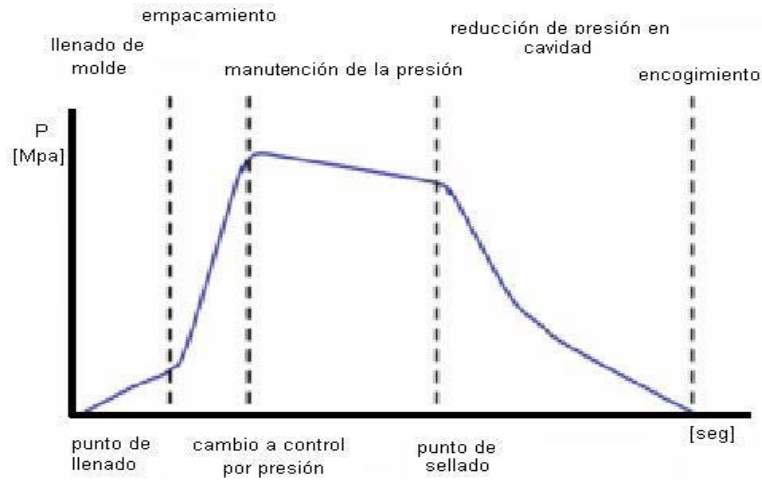


Fig.2.2. Gráfica del llenado de molde por inyección.

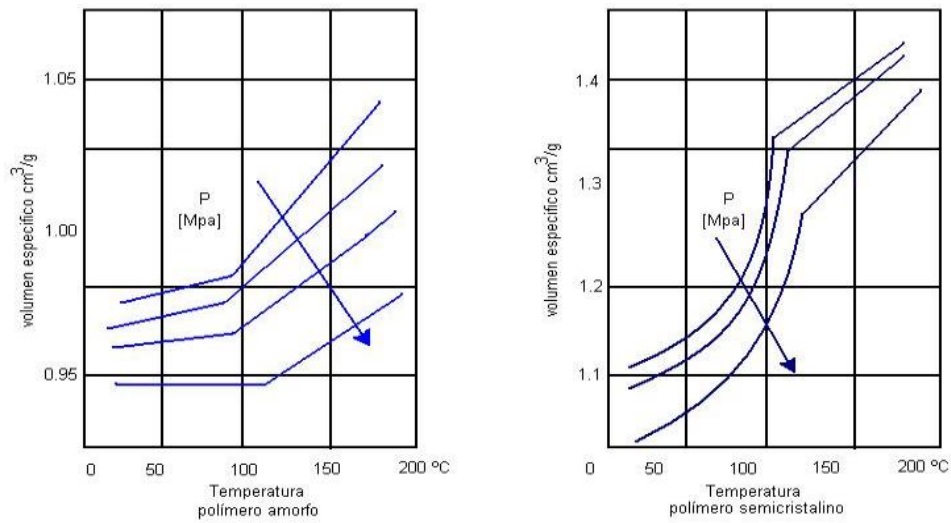


Fig.2.3. Líneas genéricas isobáricas de polímeros amorfos y semicristalinos en inyección.

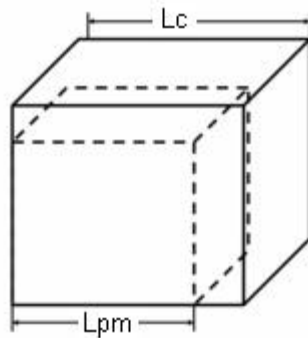


Fig.2.4. Al enfriarse, las partes inyectadas se contraen, siendo su volumen menor que el de la cavidad.

### **Colada fría y caliente.**

Existen dos tipos de colada. La colada fría es el remanente de polímero solidificado que queda en los canales, y que es necesario cortar de la pieza final. La colada caliente mantiene al polímero en estado fundido para continuar con la inyección. Con esta técnica se ahorra una considerable cantidad de plástico.

Pero algunas de las desventajas la convierten en una técnica poco popular: los pigmentos deben tener mayor resistencia a la temperatura, el polímero aumenta su historia térmica, el molde debe ser diseñado especialmente para esto, pueden haber fluctuaciones en el ciclo de moldeo, etc.

### **Técnicas modernas**

Algunas de las técnicas modernas incluyen la inyección de multicomponentes, es decir, una pieza que contiene dos polímeros unidos entre sí o un polímero con diferentes colores y aditivos separados en capas. En esta técnica es posible inyectar dos polímeros en la misma pieza. Existen dos métodos para lograr esto: uno es con dos unidades de inyección, y otro con una unidad de inyección compuesta.

Un polímero queda inmerso en el otro, o un color queda inmerso en el otro, ahorrando así costos: esta técnica es llamada inyección emparedado o sándwich. Otra posibilidad es inyectar con agentes formadores de celdas o espumantes que reducen la densidad de la pieza moldeada.

La inyección puede contener injertos metálicos, cerámicos o plásticos. Estos son colocados manual o automáticamente en el molde, sobre el cual es inyectado el polímero que, por medios geométricos, evita su separación al enfriarse.

En el moldeo con reacción química no se usa el extrusor, sino más bien componentes líquidos que se van administrando. Estas resinas pueden estar activadas o activarse al unir los diferentes fluidos. Un ejemplo típico de polímero inyectado por este proceso es el poliuretano y la poliurea. Generalmente, las temperaturas en este proceso son mucho más bajas que las temperaturas de la inyección con husillo.

La inyección de hule y de termoestables consiste en un proceso que incluye la inyección con todos los ingredientes necesarios para el curado o vulcanizado, pero a temperaturas bajas en el cañón. Éste debe provocar poca fricción en el material para evitar el sobrecalentamiento y reacción prematura, cambiando así la cinética de reacción deseada. La reacción termina precisamente en el molde, el cual no es necesario enfriar.

La inyección con equipo moderno de polímeros semiconductores y de polímeros conductores requiere mucho menos cuidado que en el proceso de semiconductores tradicionales de silicio y germanio. El cuarto limpio no es necesario y el proceso se puede llevar a cabo con un cuidado semejante al de inyección de equipo médico.

La inyección de materiales compuestos como madera-plástico o fibras naturales con polímero, fibra de carbón y nanopartículas tienen una problemática particular, debido a que el husillo tiende a romper, cortar o aglomerar las partículas, por lo que presentan un doble reto: por una parte deben ser dispersadas y distribuidas (como cualquier pigmento),



a la vez que deben permanecer lo más estables posible. Las nanopartículas generalmente forman aglomerados, que reflejan una pérdida de propiedades mecánicas y no un aumento, ya que el estrés es función directa del área de la unión partícula-polímero.

## Velocidades

**Velocidad de cierre de molde:** es la distancia que recorre la platina móvil hasta hacer contacto con la platina fija del molde (es importante mencionar que la unidad de cierre se forma de parte móvil y parte fija) en un tiempo determinado, la velocidad de cierre del molde se realiza en varias etapas: Alta velocidad, media velocidad y baja velocidad, esto con el fin de evitar aceleraciones y frenados bruscos durante la fase de cerrado del plato móvil, también dependerá de la pieza a moldear.

**Velocidad de apertura de molde:** es la distancia que recorre la platina móvil del molde hasta separarse de la platina fija y dejar el espacio suficiente para la expulsión de las piezas en un tiempo determinado. La velocidad de apertura del molde se realiza al contrario de la fase de cierre de molde: baja velocidad, media velocidad y alta velocidad, también esto dependerá de la pieza a moldear.

**Velocidad de plastificación:** la velocidad de plastificación se controla por las revoluciones por minuto o giros por minuto del husillo o tornillo en el momento de la plastificación.

**Velocidad d inyección:** La velocidad de inyección dependerá de los siguientes factores

- A) La viscosidad del polímero.
- B) Condiciones del molde.
- C) Tamaño y número de puntos de entrada de material.
- D) Tamaño de los canales o venas de alimentación del material.
- E) Salidas de aire en el molde.
- F) Temperatura de la masa fundida
- G) Temperatura del molde.
- H) Acabado de la pieza.

Cuando se moldean piezas de secciones delgadas se requieren generalmente velocidades de inyección altas con objeto de llenar la pieza antes de que se solidifique. El uso de una velocidad de inyección alta mejorara el aspecto y brillo superficial de la pieza, ya que la cavidad del molde se llena completamente antes de que la resina comience su solidificación, variando la velocidad de inyección adecuadamente se pueden reducir los defectos superficiales en la pieza, tales como las ráfagas y manchas en la zona del punto de inyección.

**Velocidad de expulsión:** Es la distancia que recorren los expulsores en un tiempo determinado para expulsar la pieza moldeada.

## Presiones

**Primera presión de inyección:** es la presión requerida para vencer las resistencias que el material fundido produce a lo largo de su trayectoria, desde el cilindro de plastificación hasta el molde, esta presión corresponde a la fase de llenado del molde, con esta pretendemos llenar la cavidad en un 90 ó 95%, para después terminar de llenar la pieza con la segunda presión y velocidades.

**Segunda presión de inyección:** también es conocida como de sostenimiento o recalque, tiene como objeto el mantener bajo presión el material fundido que se solidifica y se contrae en la cavidad del molde, la función de esta segunda presión, es la de completar el llenado y así compensar la contracción, introduciendo un poco más de material fundido en el molde. Es importante mencionar que si se excede en aplicar esta presión puede producir rebaba (flash) o una compactación tal que originara que las piezas se peguen en el lado fijo.

**Contrapresión:** En el momento de la plastificación el material es llevado hacia delante en tanto que el husillo va girando hacia atrás, la contrapresión se aplica sobre el husillo que gira y tiene como función el impedir el retorno de éste, mejorando la acción de la mezcla del material. Dicho en otras palabras, esto ayuda a que se logre una buena homogenización del plástico. Otra definición: es la oposición a que el husillo se mueva libremente hacia atrás mientras esta cargando, apretando en la parte de enfrente el material plastificado.

**Descompresión:** Es la distancia que el husillo se hace para atrás con la finalidad de liberar la presión ejercida sobre el plástico de tal manera que no escurra el material al momento que abra el molde. Existe la posibilidad de hacerlo antes o después de la dosificación, también es valido de que si no se puede usar este recurso, se debe jugar con la temperatura de la nariz, bajando poco a poco la temperatura hasta un punto en que no permita inyectar y se vea que no escurre material.

**Presión de expulsión:** Una vez terminada la apertura del molde, la pieza se debe separar del molde, y esto se logra a través de un mecanismo de expulsión, que requiere de una presión de botado que esta activada durante toda la fase de expulsión.

**Presión de retorno expulsión:** es la presión que estará presente una vez que los botadores han expulsado la pieza en la fase de expulsión.

## Distancias

**Distancia de dosificación (inyección) y espesor del colchón:** Son los milímetros de material inyectado en función del volumen (cm<sup>3</sup>) y la unidad de plastificación. Otra definición, es la cantidad de plástico necesaria para llenar todas las cavidades y la colada. El espesor del colchón son los milímetros de material que deben permanecer constantes en la punta del husillo, para garantizar una repetitividad en el proceso. Otra definición, es la distancia que el husillo reserva para terminar de introducir material al interior del molde.

**Distancia de conmutación a segunda presión:** son los milímetros necesarios para hacer el cambio por distancia, de primera presión de inyección a segunda presión de inyección.

**Distancia de apertura de molde:** es la distancia que deseamos que abra la parte móvil del molde para que pueda expulsarse la pieza.

**Distancia de expulsión:** son los milímetros recorridos por el sistema de expulsión de la pieza inyectada, para que pueda desmoldar del molde.

## Tiempos

**Tiempo de inyección:** es el tiempo en el que se lleva a cabo el llenado de las cavidades del molde.

**Tiempo de postpresión:** es el tiempo en que permanece activa la postpresión, o segunda presión.

**Tiempo de plastificación:** es el tiempo requerido para llevarse a cabo la fusión del material, hasta llevarlo a un estado líquido viscoso.

**Tiempo de enfriamiento:** es el tiempo para acabar de solidificar la pieza, y este empieza después de que termina el tiempo de postpresión y acaba cuando el molde se abre para expulsar la pieza.

**Tiempo de ciclo:** es el tiempo en el que se llevan a cabo las etapas del proceso de inyección: tiempo de cierre, tiempo de inyección, tiempo de postpresión, tiempo de enfriamiento que incluye el tiempo de plastificación mas tiempo de apertura y expulsión.

**Fuerza de cierre:** es la fuerza ejercida sobre el molde antes de inyectar. La fuerza de cierre es producida por la unidad de cierre después de la formación de la presión.

**Presión de cierre:** cuando empieza el proceso de llenado del molde con la masa plástica, se produce una fuerza de empuje ascendente que produce un efecto adicional sobre el sistema de cierre junto con la fuerza de cierre, también es conocida como alta presión.

## II.1.6 MOLDES PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

### Molde

El molde (también llamado herramienta) es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que es el espacio donde se genera la pieza, es una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre. En la Fig. 2.5 se muestra un esquema de un molde.

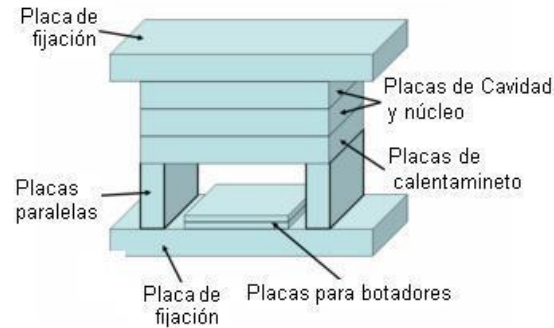


Fig.2.5 Esquema de un molde comercial prefabricado.

### Las partes del molde son:

**Cavidad:** es el espacio en el cual la pieza será moldeada.









**Canales o conductos:** son a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la boquilla, los siguientes canales son los denominados bebederos y finalmente se encuentra la compuerta.

**Canales de enfriamiento:** Son por los cuales circula agua para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, ya que de un correcto enfriamiento depende que la pieza no se deforme debido a contracciones irregulares.

**Barras expulsoras:** al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un sistema extra para realizar ésta operación.

Todas las partes del molde son vitales pero las compuertas en especial son mucho mas importantes dado que estas, a diferencia de los demás componentes difieren en forma y características dependiendo de la pieza que se quiera fabricar. Las compuertas son así diseñadas para mejorar el flujo y para permitir un orden distributivo del mismo, la tabla 2.3 muestra algunas de las compuertas más comunes y de mayor uso en la industria.

**Tabla 2.3 Compuertas más comunes**

Tipo de compuerta	Esquema	Característica
Compuertas de canal	(sin esquema)	Alimentan de manera directa desde la cavidad.
Compuertas de espiga		Alimentan el polímero permitiendo una ligera relajación de esfuerzos.
Compuertas de aguja		Se llenan desde los bebederos; comúnmente usadas en moldes de tres placas, permiten altas velocidades y se llenan con facilidad; pueden eliminarse sin dificultad de la pieza moldeada.
Compuertas lateral		Alimentan desde un lado del molde; comúnmente utilizadas para impresión múltiple.
Compuertas anular		Se usan para moldear partes huecas ya que su flujo es previamente modificado a la forma final.
Compuertas en diafragma		Similares a las compuertas anular, pero distribuyen el material fundido desde el canal de alimentación.
Compuertas de abanico		Sirven para cubrir áreas grandes o largas de manera homogénea y distributivamente correcta.
Compuertas de lengüeta		Estas compuertas minimizan el efecto de jet y ayudan a lograr un flujo de régimen laminar cuyo número de Reynolds es adecuado para la inyección.
Compuertas tipo película		Sirven para moldear homogéneamente áreas planas y delgadas, sobre todo en productos translúcidos y transparentes como objetivos de policarbonato, láminas de PMMA y dispositivos ópticos de medición, ya que minimiza las aberraciones cromáticas y ópticas debidas a ondas formadas por flujo en régimen turbulento.

## Diseño y fabricación del molde

Una vez establecido el presupuesto, se da la orden de fabricar un molde, se dibujan las distintas partes que conforman el molde con ayuda de un programa de CAD, y una vez realizado todo el diseño, se maquinan las placas hasta obtener la figura de la pieza a fabricar. El tiempo del proceso para la fabricación de un molde es dependiendo de su complejidad.

## II.1.7 MAQUINARIA PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN.

### Las partes que forman a una máquina de inyección son:

**Unidad de cierre:** también es conocida como unidad de cierre del molde y es el componente de la maquina que sostiene el molde, efectúa el cierre y la apertura, genera la fuerza para mantenerlo cerrado durante la fase de inyección y cuando el molde se abre.

Es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa, que sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

En la actualidad se han creado muchos sistemas de cierre, pero los más conocidos y utilizados son: **cierre por rodillera** (simple o doble), **Cierre por pistón** (también conocido como cierre directo) y **cierre hidromecánico o pistón bloqueado**.

**Unidad de inyección:** la unidad de inyección es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, la plastificación y la inyección al molde del material plástico, el cual entra en esta unidad de inyección en forma de pellet o grano.

La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas:

- La temperatura de procesamiento del polímero.
- La capacidad calorífica del polímero  $C_p$  [cal/g °C].
- El calor latente de fusión, si el polímero es semicristalino.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que la pieza final tenga defectos de rebabas. Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza.

$$F = P_m \times A_p$$

Donde:

F = Fuerza (N)

$P_m$  = Presión media (Pa)

$A_p$  = Área proyectada ( $m^2$ )

**Controles:** Es el tablero eléctrico y/o electrónico que contiene los parámetros a controlar en la máquina de inyección.

**Bancada:** es la base de la máquina de inyección que sostiene la unidad de cierre, a unidad de plastificación o inyección, los controles y el sistema hidráulico de la máquina.

Todas las máquinas de inyección poseen las mismas partes, sin embargo, existen algunos arreglos especiales, entre ellas se distinguen dos tipos. Estos arreglos pueden ser de de Inyección horizontal ó Inyección vertical, en la figura 2.6 se muestra el esquema de una maquina típica de inyección horizontal. La efectividad de una máquina de inyección se basa en la cantidad de presión que esta pueda generar, por dos razones principales:

1. Incrementando la presión se puede inyectar más material
2. Incrementando la presión se puede disminuir la temperatura, que se traduce en menor costo de operación.

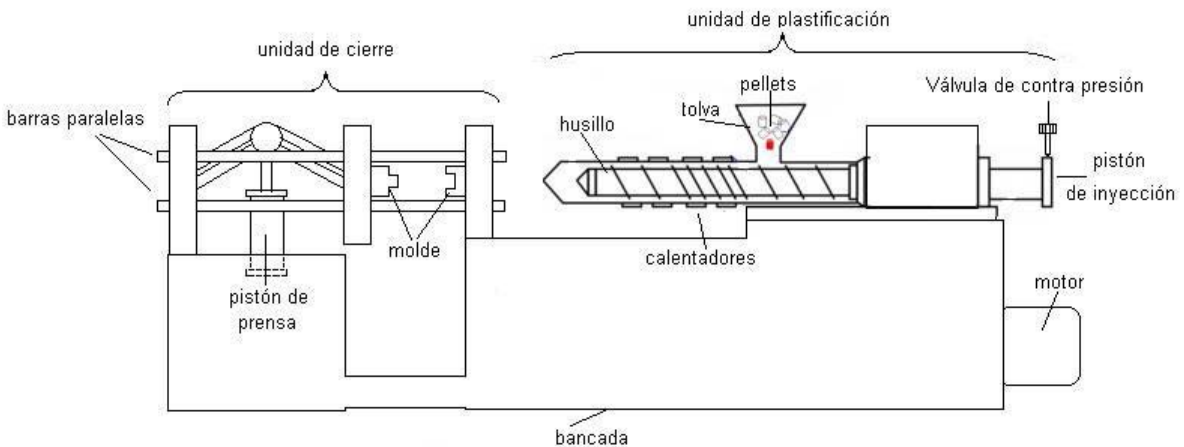


Fig. 2.6 Esquema de una máquina de inyección de plásticos horizontal.

Es aconsejable utilizar el cañón más largo posible si se necesita mezclar compuestos, y también hacer énfasis en el husillo adecuado. En la Fig. 2.7 se muestra un husillo típico para la elaboración de productos plásticos.

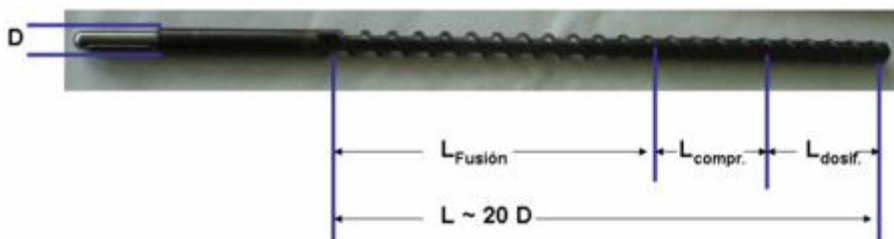


Fig. 2.7 Husillo

Aunque las dimensiones de la máquina dependen principalmente de la cantidad de polímero que se necesita para llenar la pieza deseada, es común que los proveedores de máquinas vendan equipos más o menos estándares. Las principales características para determinar las dimensiones de una máquina son: la capacidad de cierre, dimensiones del molde, carrera o recorrido del molde, presión de inyección, capacidad volumétrica de inyección, características de plastificado y velocidad de inyección

### II.1.8 MAQUINARIA AUXILIAR PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN

La maquinaria que se puede utilizar como auxiliar a la maquinaria básica del proceso de inyección de plásticos es muy variable, esto dependiendo de la cantidad de máquinas de inyección con las que se cuente y dependiendo también de la cantidad de producción que se este fabricando.

Tabla 2.4 Equipo auxiliar

<i>Equipo</i>	<i>Función</i>
Bombas	Se utilizan frecuentemente para el manejo de líquidos, por lo general agua, necesaria para el enfriamiento de la máquina y de los moldes
Compresores de aire	Por lo general, en este tipo de sistemas de trabajo, se requiere de aire a presión necesario para activar actuadores existentes en la máquina o para soplear tanto piezas como equipos y herramientas.
Grúas	Necesarias para el manejo de equipos o herramientas pesados, como moldes, motores o piezas de la máquina.
Sistemas de manejo de fluidos (tuberías)	Empleadas para la conducción de liquido refrigerante (agua) y aire comprimido, que son básicamente los fluidos que se utilizan en procesos plásticos
Depósitos de agua (tanques o cisternas)	Necesarios para almacenamiento de agua
Subestaciones eléctricas.	Equipo que se instala si la cantidad de energía eléctrica demandada por la maquinaria así lo amerita.

### II.1.9 MATERIA PRIMA.

Básicamente todos los polímeros termoplásticos son adecuados para el proceso de inyección dichos materiales cuando son sometidos a un calentamiento presentan una variación en su modulo de elasticidad, dureza y capacidad de resistencia bajo carga.



Entre los polímeros más comunes tenemos:

- Acrilonitrilo butadieno estireno
- Poliacetal
- Polimetilmetacrilato (PMMA)
- Acetato de celulosa
- Nylon 6,6
- Policarbonato
- Polietileno de baja densidad
- Polipropileno
- Poliestireno
- Poliuretano
- PVC Rígido
- PVC plastificado
- SAN
- PBT

La materia prima utilizada en el proceso de la empresa que se estudia consta básicamente de tres polímeros de los cuales se mencionan sus principales características.

### **POLIPROPILENO (PP)**

Se trata de una resina termoplástica, parcialmente cristalina, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como álcalis y ácidos.

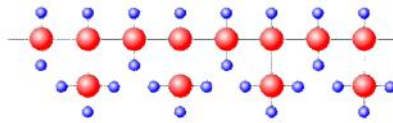
Existen dos tipos de polipropileno:

- El polipropileno Homopolímero
- El polipropileno Copolímero

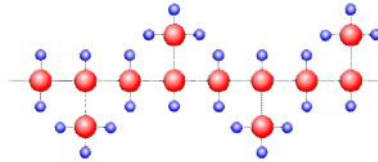
La tacticidad del PP homopolímero depende de sus moléculas las que se componen de una cadena principal de átomos de carbono enlazados entre sí, la cual cuenta con grupos metilo (CH<sub>3</sub>-) a uno u otro lado de la cadena. Cuando todos los grupos metilo están del mismo lado se habla de "polipropileno isotáctico"; cuando están alternados a uno u otro lado, de "polipropileno sindiotáctico"; cuando no tienen un orden aparente, de "polipropileno atáctico". Las propiedades del PP dependen enormemente del tipo de tacticidad que presenten sus moléculas.

Las imágenes siguientes ilustran los distintos tipos de polipropileno según su tacticidad.

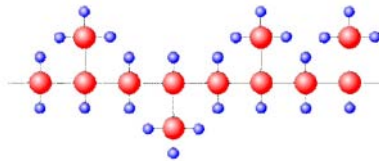
Los átomos de carbono se representan grandes y los de hidrógeno pequeños.



PP isotáctico



PP sindiotáctico



PP atáctico

- PP atáctico: Material completamente amorfo, tiene pocas aplicaciones.
- PP isotáctico: La distribución regular de los grupos metilo le otorga una alta cristalinidad, entre 70 y 80%. **Es el tipo más utilizado hoy día.**
- PP sindiotáctico: Muy poco cristalino, lo cual le hace ser más elástico que el PP isotáctico pero también menos resistente.

### Propiedades del polipropileno isotáctico

El PP isotáctico comercial es muy similar al polietileno, excepto por las siguientes propiedades:

- Menor densidad: el PP tiene un peso específico entre 0.9 g/cm<sup>3</sup> y 0.91 g/cm<sup>3</sup>, mientras que el peso específico del PEBD (polietileno de baja densidad) oscila entre 0.915 y 0.935, y el del PEAD (polietileno de alta densidad) entre 0.9 y 0.97 (en g/cm<sup>3</sup>)
- Temperatura de reblandecimiento más alta
- Gran resistencia al stress cracking (ruptura por fatiga)
- Mayor tendencia a ser oxidado (problema normalmente resuelto mediante la adición de antioxidantes)

El PP isotáctico tiene un grado de cristalinidad intermedio entre el polietileno de alta y el de baja densidad.

Para el polipropileno copolímero tenemos que se trata de una fusión de dos resinas el propileno y el etileno, obteniendo así una resina mas resistente a impactos fuertes en comparación al PP homopolímero. En las tablas 2.5 y 2.6 se muestran las propiedades mecánicas y térmicas respectivamente para el polipropileno

**Tabla 2.5 Propiedades mecánicas del polipropileno**

	PP homopolímero	PP copolímero	Comentarios
Modulo elástico en tracción (GPa)	1,1 a 1,6	0,7 a 1,4	
Alargamiento de rotura en tracción (%)	100 a 600	450 a 900	Junto al polietileno, una de las más altas de todos los termoplásticos
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	28 a 38	
Modulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	0,42 a 1,40	
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m <sup>2</sup> )	4 a 20	9 a 40	El PP copolímero posee la mayor resistencia al impacto de todos los termoplásticos
Dureza Shore D	72 a 74	67 a 73	Más duro que el polietileno pero menos que el poliestireno o el PET

Presenta muy buena resistencia a la fatiga, por ello la mayoría de las piezas que incluyen bisagras utilizan este material.

**Tabla 2.6 Propiedades térmicas del polipropileno**

	PP homopolímero	PP copolímero	Comentarios
Temperatura de fusión (°C)	160 a 170	130 a 168	Superior a la del polietileno
Temperatura máxima de uso continuo (°C)	100	100	Superior al poliestireno, al LDPE y al PVC pero inferior al HDPE, al PET y a los "plásticos de ingeniería"
Temperatura de transición vítrea (°C)	-10	-20	

A baja temperatura el PP homopolímero se vuelve frágil (típicamente en torno a los 0°C); no tanto el PP copolímero, que conserva su ductilidad hasta los -40°C.

#### Propiedades ópticas del PP

El PP homopolímero es transparente, con un índice de refracción en torno a 1.5. Esto, unido a su buena resistencia mecánica, lo hace un material muy utilizado para producir vasos desechables.

#### Propiedades eléctricas del PP

El PP es un buen dieléctrico. Por ello se le utiliza en películas muy delgadas para formar capacitores de buen desempeño.

### **POLIESTIRENO (PS)**

El poliestireno fue obtenido por primera vez en Alemania por la I.G. Farbenindustrie, en el año 1930. El proceso más utilizado hoy día para su fabricación es el de "polimerización en masa", habiendo quedado obsoletos los procesos en emulsión y en solución.

La polimerización del estireno puro da como resultado un poliestireno puro que es un sólido incoloro, rígido, frágil y con flexibilidad limitada. A este poliestireno puro se lo denomina "**poliestireno cristal**" o "**poliestireno de uso general**" (*General Purpose Polystyrene, GPPS*). Debajo de los 95 °C (temperatura de transición vítrea del poliestireno), el poliestireno cristal es vítreo, por encima de esa temperatura se hace más blando y puede moldearse.

Recientemente se ha desarrollado una nueva clase de poliestireno que recibe el nombre de sindiotáctico. Es diferente porque los grupos fenilo de la cadena polimérica están unidos alternativamente a ambos lados de la misma. El poliestireno "normal" o poliestireno atáctico no conserva ningún orden con respecto al lado de la cadena donde están unidos los grupos fenilos. El "nuevo" poliestireno es cristalino y funde a 270 °C, pero es mucho más costoso. Sólo se utiliza en aplicaciones especiales de alto valor añadido.

Otro material de esta familia es el "poliestireno expandido" (EPS, siglas en inglés). Consiste en 95% de poliestireno y 5% de un gas que forma burbujas que reducen la densidad del material. Su aplicación principal es como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles. La densidad es de 1.06 g/cm<sup>3</sup>. A partir de poliestireno cristal fundido se puede obtener, mediante inyección de gas, una espuma rígida denominada poliestireno extruido (XPS). Sus propiedades son similares a las del EPS, con el cual compite en las aplicaciones de aislamiento.

Las ventajas principales del poliestireno son su facilidad de uso y su costo relativamente bajo. Sus principales desventajas son su baja resistencia a la alta temperatura (PS atáctico) (se deforma a menos de 100°C) y su resistencia mecánica modesta. Estas ventajas y desventajas determinan las aplicaciones de los distintos tipos de poliestireno.

El poliestireno puro es quebradizo pero lo suficientemente duro como para que se pueda producir un producto de relativamente alto rendimiento mediante la transferencia de algunas de las propiedades de un material más elástico. Es por esto que en la polimerización se lo mezcla con un cacho, en general caucho polibutadieno.

Entonces en condiciones normales poliestireno y el polibutadieno no pueden ser mezclados, es por esto que se mezclan el estireno, el polibutadieno (u otro caucho), el catalizador y el acelerador durante la polimerización. Para mejorar la resistencia mecánica del material, se puede añadir en la polimerización hasta un 14% de caucho (casi siempre polibutadieno). El producto resultante se llama poliestireno de alto impacto (HIPS, High Impact Polystyrene, siglas en inglés) o “**poliestireno choque**”. Es más fuerte, no quebradizo y capaz de soportar impactos más violentos sin romperse. Su inconveniente principal es su opacidad, si bien algunos fabricantes venden grados especiales de poliestireno choque translúcido.

El terpolímero acrilonitrilo-butadieno-estireno, conocido como **plástico ABS** es similar al poliestireno de alto impacto. Es un copolímero de acrilonitrilo y del estireno pero endurecido con polibutadieno. Es un material heterogéneo formado por una fase homogénea rígida y otra elastomérica.

El poliestireno es un polímero **termoplástico**. En estos polímeros las fuerzas intermoleculares son muy débiles y al calentar las cadenas pueden moverse unas con relación a otras y el polímero puede moldearse. Cuando el polímero se enfría vuelven a establecerse las fuerzas intermoleculares pero entre átomos diferentes, con lo que cambia la ordenación de las cadenas.

El peso molecular promedio del poliestireno comercial varía entre 100.000 y 400.000 g mol<sup>-1</sup>. Cuanto menor es el peso molecular, mayor es la fluidez y por tanto la facilidad de uso del material, pero menor es su resistencia mecánica.

#### Ramificación

Las moléculas de poliestireno formadas en los procesos industriales actuales son muy lineales. En laboratorio es posible generar ramificación añadiendo al reactor sustancias como el divinilbenceno o peróxidos tetrafuncionales pero el poliestireno así obtenido es más caro y apenas presenta ventajas frente a sus equivalentes lineales.

#### Tacticidad

El poliestireno cristal es completamente atáctico; es decir: los grupos fenilo se distribuyen a uno u otro lado de la cadena central, sin ningún orden particular. Por ello se trata de un polímero completamente amorfo (es decir, no cristalino).

## Propiedades

En la tabla 2.7 se describen las propiedades del PS choque y el PS cristal.

**Tabla 2.7 Propiedades mecánicas**

Propiedad	PS cristal	PS choque	Comentarios
Módulo elástico en tracción(GPa)	3,0 a 3,4	2,0 a 2,5	
Alargamiento de rotura en tracción (%)	1 a 4	20 a 65	El PS cristal no es nada dúctil
Carga de rotura en tracción (MPa)	40 a 60	20 a 35	
Módulo de flexión (GPa)	3,0 a 3,4	1,6 a 2,9	El PS choque es mucho más flexible que el cristal y similar al ABS
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m <sup>2</sup> )	2	3 a 12	El PS cristal es el menos resistente de todos los termoplásticos; el PS choque es intermedio
Dureza Shore D	85 a 90	60 a 75	El PS cristal es bastante duro, similar al policarbonato. El PS choque es similar al polipropileno.

## Propiedades térmicas

El poliestireno "compacto" (sin inyección de gas en su interior) presenta la conductividad térmica más baja de todos los termoplásticos. Las espumas rígidas de poliestireno XPS presentan valores aun más bajos de conductividad, incluso menores de  $0.03 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$ , por lo que se suele utilizar como aislante térmico.

Sin embargo, tiene relativamente poca resistencia a la temperatura, ya que reblandece entre 85 y 105°C (el valor exacto depende del contenido en aceite mineral).

### Propiedades ópticas

Mientras que el PS choque es completamente opaco, el PS cristal es transparente. Tiene un índice de refracción en torno a 1.57, similar al del policarbonato y el PVC.

Las mezclas de PS choque y cristal son más translúcidas pero también más frágiles cuanto más PS cristal contienen. Es posible encontrar un compromiso entre ambas propiedades de forma que los objetos fabricados, por ejemplo vasos desechables, sean transparentes a la vez que aceptablemente resistentes.

### Propiedades eléctricas

El poliestireno tiene muy baja conductividad eléctrica (típicamente de  $10^{-16}$  S m<sup>-1</sup>), es decir, es un aislante. Por sus propiedades suele usarse en las instalaciones de alta frecuencia

### Aplicaciones

El poliestireno choque se utiliza principalmente en la fabricación de objetos como: carcasas de televisores, impresoras, puertas e interiores de frigoríficos, maquinillas de afeitar desechables, juguetes, etc. Según las aplicaciones se le pueden añadir aditivos como por ejemplo sustancias ignífugas o colorantes.

El poliestireno cristal se utiliza allí donde la transparencia y el bajo costo son importantes. Ejemplos: cajas de CD, perchas, cajas para huevos. Otra aplicación muy importante es en la producción de espumas rígidas, denominadas a veces "poliestireno extruido" o XPS, no confundir con el poliestireno expandido EPS. Estas espumas XPS se utilizan por ejemplo para las bandejas de carne de los supermercados, así como en la construcción.

En Europa, la mayor aplicación del poliestireno es la elaboración de envases desechables mediante extrusión-termoformado. En estos casos se suele utilizar una mezcla de choque y de cristal, en proporción variable según se desee privilegiar la resistencia mecánica o la transparencia. Un mercado de especial importancia es el de los envases de productos lácteos, que aprovechan una propiedad casi exclusiva del poliestireno: su secabilidad. Es esto lo que permite separar un yogur de otro con un simple movimiento de la mano.

La forma expandida (poliestireno expandido) se utiliza como aislante térmico y acústico y es ampliamente conocido bajo diversas marcas comerciales (Poliexpan, Telgopor, Emmedue, etc.).

Por sus propiedades, también se emplea en diversos casos en la indumentaria deportiva, por ejemplo, por tener la propiedad de flotar en agua, se usa en la fabricación de chalecos salvavidas y otros artículos para los deportes acuáticos; o por sus propiedades ligeras y amortiguadoras, se usa en la fabricación de cascos de ciclismo.

Este material también se utiliza como aglutinante en ciertos explosivos como el RDX y en el Napalm (por ejemplo en el MK77).

**Tabla 2.8 fabricación y usos de poliestireno**

MÉTODO DE FABRICACIÓN	USOS
Moldeo Por inyección	Juguetes, Carcasas de radio y televisión, Partes del automóvil Instrumental médico, Menaje doméstico, Tapones de botellas, Contenedores
Moldeo por soplado	Botellas, Contenedores , Partes del automóvil
Extrusión	Películas protectoras, Perfiles en general, Reflectores de luz, Cubiertas de construcción
Extrusión y termoconformado	Interiores de frigoríficos, Equipajes, Embalajes alimentarios, Servicios desechables, Grandes estructuras del automóvil

## POLIETILENO (PE)

El (PE) es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva  $(-CH_2-CH_2-)_n$ . Por su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas son producidas anualmente alrededor del mundo) es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química  $CH_2=CH_2$  y llamado **eteno** por la IUPAC), del que deriva su nombre.

Este polímero puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización, como por ejemplo: Polimerización por radicales libres, polimerización aniónica, polimerización por coordinación de iones o polimerización catiónica. Cada uno de estos mecanismos de reacción produce un tipo diferente de polietileno.

Es un polímero de cadena lineal no ramificada. Aunque las ramificaciones son comunes en los productos comerciales. Las cadenas de polietileno se arreglan abajo de la temperatura de reblandecimiento (Tg) en regiones amorfas y semicristalinas.

### Clasificación y propiedades físicas

Los polietilenos pueden clasificarse en:

- **PEBD** (en inglés conocido como LDPE o PE-LD): Polietileno de baja densidad
  - No tóxico
  - Flexible
  - Liviano
  - Transparente
  - Inerte (al contenido)
  - Impermeable
  - Poca estabilidad dimensional, pero fácil procesamiento
  - Bajo costo



- **PEAD** (en inglés conocido como HDPE o PE-HD): Polietileno de alta densidad; densidad igual o menor a  $0.941 \text{ g/cm}^3$ . Tiene un bajo nivel de ramificaciones, por lo cual su densidad es alta, las fuerzas intermoleculares son altas también. La producción de un buen PEAD depende de la selección del catalizador. Algunos de los catalizadores modernos incluyen los de Ziegler-Natta, cuyo desarrollo culminó con el Premio Nobel.
  - Resistente a las bajas temperaturas.
  - Alta resistencia a la tensión, compresión, tracción.
  - Baja densidad en comparación con metales u otros materiales.
  - Impermeable
  - Inerte (al contenido), baja reactividad
  - No tóxico
  - Poca estabilidad dimensional, creep
  
- **PELBD** (en inglés conocido como LLDPE): Polietileno lineal de baja densidad
- **UHWPE**: Polietileno de ultra alto peso molecular
- **PEX**: Polietileno con formación de red

Tabla 2.9 características del polietileno

Características	PEBD	PEAD	PELBD
Grado de cristalinidad [%]	40 hasta 50	60 hasta 80	30 hasta 40
densidad [ $\text{g/cm}^3$ ]	0,915 hasta 0,935	0,94 hasta 0,97	0.90 hasta 0.93
Módulo [ $\text{N/mm}^2$ ] a $52215^\circ\text{C}$	~130	~1000	-
Temperatura de cristalización [ $^\circ\text{C}$ ]	105 hasta 110	130 hasta 135	121 hasta 125
estabilidad química	buena	excelente	buena
Esfuerzo de ruptura [ $\text{N/mm}^2$ ]	8,0-10	20,0-30,0	10,0-30,0
Elongación a ruptura [%]	20	12	16
Módulo elástico E [ $\text{N/mm}^2$ ]	200	1000	-
Coefficiente de expansión lineal [ $\text{K}^{-1}$ ]	$1.7 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$
Temperatura máxima permisible [ $^\circ\text{C}$ ]	80	100	-
Temperatura de reblandecimiento [ $^\circ\text{C}$ ]	110	140	-

## Aplicaciones

- **PEBD:**
  - Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc.
  - Películas para agro.
  - Recubrimiento de acequias .
  - Envasamiento automático de alimentos y productos industriales: leche, agua, plásticos, etc.
  - Stretch film
  - Base para pañales desechables.
  - Bolsas para suero.
  - Contenedores herméticos domésticos.
  - Bazar
  - Tubos y pomos: cosméticos, medicamentos y alimentos
  - Tuberías para riego.
- **PEAD:**
  - Envases para: detergentes, lejía, aceites automotor, shampoo, lácteos.
  - Bolsas para supermercados.
  - Bazar y menaje.
  - Cajones para pescados, gaseosas, cervezas.
  - Envases para pintura, helados, aceites.
  - Tambores.
  - Tuberías para gas, telefonía, agua potable, minería, láminas de drenaje y uso sanitario.
  - Macetas.
  - Bolsas tejidas.
  - Guías de cadena, piezas mecánicas.
  - También se usa para recubrir lagunas, canales, fosas de neutralización, contra tanques, tanques de agua, plantas de tratamiento de aguas, lagos artificiales, canalones de lámina, etc.

## Aplicaciones modernas

El polietileno puede formar una red tridimensional cuando éste es sometido a una reacción covalente de "vulcanizado" (cross-linking en inglés). El resultado es un polímero con efecto de memoria. El Efecto de memoria en el polietileno y otros polímeros consiste en que el material posee una forma estable o permanente y a cierta temperatura, conocida como temperatura de obturación, ya sea  $T_g$  o  $T_m$ , o una combinación, se puede obtener una forma temporal, la cual puede ser modificada simplemente al calentar el polímero a su temperatura de obturación. El Efecto térmico de memoria en los polímeros es diferente del efecto térmico de memoria en los metales, encontrado en 1951 por Chang y Read en el cual hay un cambio en el arreglo cristalino por medio de un reacomodo martensítico, en los polímeros este efecto se basa en fuerzas entrópicas y puntos de estabilidad física (nudos entre cadenas) o química (vulcanizado).

En el caso del polietileno con efecto térmico de memoria, los usos más comunes son películas termoencogibles, aislantes y empaques.

Otros polímeros que presentan el efecto térmico de memoria son: poliuretanos, poliestireno modificado y casi cualquier polímero o copolímero que sea cristalino o amorfo que pueda formar una red tridimensional. Polímeros con problemas para el efecto térmico de memoria: Polipropileno.

Otras nuevas aplicaciones de PE incluyen el compuesto de harina de madera y PE en porcentajes que van desde 10% de madera hasta 70% de esta en peso. El resultado es un compuesto estable de mayor densidad que el PE. Es recomendado equipo especial para su procesamiento así como aditivos de acoplamiento y ayudas de proceso, en piezas grandes también se usan los espumantes para reducir la densidad de la pieza.

## Procesamiento

El Polietileno se usa para diferentes tipos de productos finales, para cada uno de ellos se utilizan también diferentes procesos, entre los más comunes se encuentran:

- Extrusión: Película, cables, hilos, tuberías.
- Moldeo por inyección: Partes en tercera dimensión con formas complicadas
- Inyección y soplado: Botellas de diferentes tamaños
- Extrusión y soplado: Bolsas o tubos de calibre delgado
- Extrusión y soplado de cuerpos huecos: Botellas de diferentes tamaños
- Rotomoldeo : Depósitos y formas huecas de grandes dimensiones

El polietileno tiene un color lechoso translúcido, este color se puede modificar con tres procedimientos comunes:

- Añadir pigmento polvo al PE antes de su procesamiento
- Colorear todo el PE antes de su procesamiento
- Usar un concentrado de color (conocido en inglés como masterbatch), el cuál representa la forma más económica y fácil de colorear un polímero.

Aditivos necesarios para el uso final son importantes, dependiendo de la función final se recomiendan por ejemplo: Antioxidantes, antiplama, antiestáticos, antibacteriales

### II.1.10 TEMPERATURA DEL PROCESO.

Las temperaturas pueden ser del cilindro de plastificación, de la boquilla y del molde. La temperatura del cilindro de plastificación y de la boquilla, esta dada por el tipo de material a trabajar, estas temperaturas se ajustan de acuerdo a la temperatura de la masa fundida, la temperatura de la masa fundida determina las propiedades estructurales de una pieza moldeada, por lo que debe ser constante y uniforme ya que controla la densidad y contracción. El proceso de plastificación de una resina cristalina es muy estrecho y requiere más energía.

De igual manera la temperatura del molde esta en función o es determinada por el material plástico a trabajar. Y el acabado de la pieza. La temperatura del aceite de la máquina se controla mediante un sistema de refrigeración. La temperatura del aceite de la máquina debe ser de 40 °C y no rebasar los 70 °C.

Para inyectar un polímero, específicamente un termoplástico, es necesario conocer su temperatura de degradación vítrea (Tg) y su temperatura de fusión de la región cristalina (Tm), si es un polímero semicristalino.

La temperatura de operación de cada termoplástico no es estándar, y varía según el proveedor. Es por tanto necesario solicitarle una **Hoja de Especificaciones** donde se encuentre tanto el índice de fluidez como la temperatura de trabajo, además es un rango de temperaturas, y la temperatura de degradación, con lo cual se obtiene un intervalo dentro del cual se puede trabajar el material eficientemente.

En la Tabla A ubicada en el anexo de este trabajo se dan algunos datos técnicos de materiales que mas comúnmente se moldean, pueden variar de acuerdo a la pieza y acabado de la misma, pero la intención es que se tenga una noción de las temperaturas que requieren para poder moldearse.

### II.1.11 ADITIVOS Y CATALIZADORES

La coloración de las piezas a moldear es un paso crítico, puesto que la calidad de la pieza y las funciones ópticas dependen de este proceso. Básicamente existen tres formas de colorear una pieza en los procesos de inyección:

1. Utilizar plástico del color que se necesita (precoloreados).
2. Utilizar un plástico de color natural y mezclarlo con pigmento en polvo o colorante líquido.
3. Utilizar un plástico de color natural y mezclarlo con concentrado de color.

La elección más barata y eficiente es el uso del concentrado de color (en inglés *Masterbatch*), el cual se diseña con características de índice de fluidez y viscosidad acordes al polímero que se desea procesar. Con los concentrados de color se puede cambiar de un color a otro de manera rápida, sencilla y limpia.

Los pigmentos en polvo presentan mayores problemas de coloración que los concentrados de color y estos más que los precoloreados; sin embargo, los precoloreados son los más caros y presentan una exigencia térmica mayor, y a su vez los pigmentos en polvo son más recomendables para una mayor homogeneidad del color en la pieza.

Los problemas de procesamiento más comunes con relación al color de una pieza son:

- Líneas de color más o menos intenso.
- Puntos negros.
- Ráfagas.
- Piel de naranja.

Los colores pueden variar desde opacos hasta transparentes. Es importante que el proveedor de los concentrados sea consciente de la aplicación final de la pieza, para utilizar pigmentos o colorantes que no migren a la superficie. En poliolefinas no debe utilizarse colorantes porque migran, un error muy común en la industria.

Los colores finales en la pieza pueden ser translúcidos, sólidos, pasteles, metálicos, perlados, fosforescentes, fluorescentes, etc. Sin embargo, polímeros como el ABS son más difíciles de colorear que el polietileno, por su alta temperatura de proceso y su color amarillento.

### **Aditivos**

Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. Por ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores ultravioleta lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos.

Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo (normalmente fibras de vidrio o de carbono) a la matriz de la resina plástica. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, un material compuesto de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño pero muy ligera.

## **II.1.12 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO**

Básicamente es un sistema que enfría a base de agua con dos controles de calor, uno es el molde por el calor del polímero fundido con el que se pone en contacto cada ciclo de inyección y la otro, el sistema hidráulico de la máquina al estar sometido a altas presiones.

El procedimiento para lograr que se disminuyan las temperaturas es mediante la transmisión de calor por convección, haciendo pasar agua a menor temperatura a través del molde y del aceite por medio conductos que están en contacto directo con estos, al pasar extrae calor, provocando que disminuyan la temperatura, posteriormente el agua se enfría por medio de una torre de enfriamiento y ventiladores para hacerla pasar nuevamente por el sistema.

Las dos sistemas de enfriamiento son independientes, es decir, que el agua que pasa por el molde no es la misma que pasa por el aceite, esto debido a que no se pretende que ambos componentes de la máquina alcancen la misma temperatura, de ser así existirían complicaciones en el proceso.

### **II.1.13 ACABADOS DE LAS PIEZAS OBTENIDAS**

El acabado que se le da a las piezas es mínimo, a menos de que exista otra etapa en su proceso y que la pieza obtenida sólo sea una parte de algún producto que requiera mas operaciones de manufactura, pero básicamente lo que se le tiene que hacer al producto es separarlo de la colada, si la hay, y limpiarle alguna rebaba que haya salido consecuencia de algún defecto en la calibración de los parámetros o el mal estado del molde. Pero por lo general este proceso no requiere acabados

### **II.1.14 FALLAS MÁS COMUNES**

Los defectos en partes moldeadas requieren experiencia tanto para ser identificados como para ser resueltos. Los operarios con años de experiencia en inyección son los mejores maestros de identificación y solución de problemas, ya que su experiencia les da las ideas y recursos necesarios para solucionar los rápidamente. En la Tabla B se sugieren algunas de las soluciones a los problemas más comunes del moldeo por inyección.

## II.2 HERRAMIENTAS DE INGENIARÍA INDUSTRIAL

### II.2.1 INGENIARÍA INDUSTRIAL

En este trabajo se busca la solución de los problemas que tiene la empresa en estudio, pero para lograr lo se necesita de herramientas de Ingeniería industrial que ayuden a alcanzar los objetivos propuestos.

En la literatura no existe una definición de la ingeniería industrial establecida oficialmente pero se presentan las siguientes que son las más concretas y sencillas:

*“La Ingeniería Industrial se ocupa del diseño, mejoramiento e implantación de sistemas integrados por personas, materiales, equipos y energía. Se vale de los conocimientos y posibilidades especiales de las ciencias Matemáticas, Físicas y Sociales, junto con los principios y métodos del análisis y el diseño de ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas”<sup>1</sup>.*

*“Es una especialización de la ingeniería, encargada de elevar la productividad de los procesos industriales, mantener la calidad de los productos y optimizar los recursos materiales”<sup>2</sup>*

La ingeniería industrial integra y transforma los sistemas de la actividad humana conformada por recursos humanos, materiales, económicos, energéticos, y de informática, buscando, la integración y optimización de estos para incrementar la productividad con calidad; generar un bienestar compartido en cualquier empresa, que nos de mayor competitividad y un mejor nivel de vida. La ingeniería industrial se sustenta en la productividad innovación tecnológica, ingeniería financiera, desarrollo empresarial y ve por la optimización de sistemas productivos y operativos de todo tipo, permite y fomenta el diseño, implantación y mejora de sistemas integrados para bienes y servicios.

Algunas de las herramientas de ingeniería industrial que se utilizaran en el desarrollo de este trabajo son las siguientes: Análisis FODA, Estudio de Lay Out, Cursograma analítico, Estudio de tiempos y movimientos, Diagramas de causa y efecto, Análisis de orden y limpieza, Seguridad industrial, Control de la producción y Control de merma

---

<sup>1</sup>Biblioteca del Ingeniero Industrial, Gavriel Salvendy, Ediciones Ciencia y Técnica, S.A., pag.29, 1990.

<sup>2</sup>Ing. Víctor Rivera Romay.

## II.2.2 ANÁLISIS FACTORIAL

### Investigación industrial.

En la actualidad es de vital importancia mantenerse bien informado de lo que acontece a nuestro alrededor, en especial en lo que se refiere al campo industrial en el que una óptima toma de decisiones requiere de la información precisa en el lugar preciso. Es por ello que actividades como la investigación industrial son de suma importancia tanto para la obtención de información como la toma de decisiones.

La investigación industrial es una herramienta que nos ayuda a analizar la potencialidad de productividad con la finalidad de incrementar la eficiencia de operación de las empresas o rama industrial. Sin embargo esta tarea resulta vasta y compleja ya que a diferencia de otros tipos de investigación se tienen muchos parámetros difíciles de percibir, calificar y cuantificar y que sin los cuales la información que se obtiene es pobre y poco significativa. Para ello se ayuda del análisis factorial con el cual se toman en cuenta todos los parámetros susceptibles de analizar y con ello tomar las decisiones adecuadas.

### Análisis factorial.

El análisis factorial es una metodología de investigación la cual constituye un enfoque ideal para el análisis de productividad, problemas de diagnóstico, en el desarrollo de nuevos proyectos en la industria y en la cuantificación de algunas actividades.

El concepto clave del que se sirve el análisis es el de dividir las actividades de una empresa en factores los cuales tienen una función sin la cual se vería afectada la totalidad de la misma. Para visualizar mejor este concepto se recurre a pensar en la empresa como una célula la cual cumple deseos y necesidades originados por sus mismos procesos y de los pertenecientes al “cuerpo económico”. De esta manera si una de estas células no realiza adecuadamente sus funciones la totalidad del cuerpo lo resentirá y no rendirá como debiera. Así mismo si uno de los organuelos de la “célula” funciona erráticamente la eficiencia total de la misma se verá afectada.

Es entonces cuando comprendemos que la empresa, vista de esta forma, no sólo cumple la función individual de obtener ganancias sino también el cumplimiento de funciones subordinadas a los intereses económicos y sociales de la comunidad.

De esta forma el análisis factorial hace uso de los denominados “factores de operación” cada uno de los cuales cumple una función sin la cual la totalidad de la empresa se vería afectada.



## **Factores de operación.**

Aquellos aspectos vitales del funcionamiento de una empresa que van desde el medio ambiente que la rodea pasando por insumos, procesos, fuerza laboral y dirección. Es decir, factores tantos internos como externos los cuales permite cumplir con sus funciones y objetivos. Estos son los denominados “factores de operación”, en los cuales se basa “el análisis factorial”

Los factores de operación se definen y describen como sigue:

- Medio ambiente. Conjunto de influencias externas que actúan sobre la operación de la empresa.
- Política y dirección (Administración general) Orientación y manejo de la empresa mediante la dirección y vigilancia de sus actividades.
- Productos y procesos. Selección y diseño de los bienes que se han de producir y de los métodos usados en la fabricación de los mismos.
- Financiamiento. Manejo de los aspectos monetarios y crediticios.
- Medios de producción. Inmuebles, equipos, maquinaria, herramientas e instalaciones de servicio.
- Fuerza de trabajo. Personal.
- Suministros. Materias primas, materias auxiliares y servicios.
- Actividad productora. Transformación de los materiales en productos que pueden comercializarse.
- Mercadeo. Orientación y manejo de la venta y de la distribución de los productos.
- Contabilidad y estadística. Registro e información de las transacciones y operaciones.

Es muy importante considerar todos estos factores en su conjunto al realizar una investigación industrial mediante la metodología del análisis factorial ya que no es posible analizar cada factor por separado debido a que es el esfuerzo conjunto de todas ellas lo que permite que una empresa funcione.

## **Productividad.**

Para valorar adecuadamente cada uno de los factores es necesario definir lo que se entiende por “productividad” de un proceso o actividad.

Por productividad entendemos la relación que existe entre lo que se obtiene y lo que fue necesario aportar para obtenerlo, es decir:

Productividad = producto medido en cantidades físicas / insumo medido en cantidades físicas

De esta fórmula se deduce que para una mayor productividad es necesario un aumento en el numerador o disminuir el denominador. Por ello es necesario obtener la información de forma racional y sistemática de las operaciones con la finalidad de conocer el nivel de productividad con el que se cuenta y determinar qué acciones se pueden llevar a cabo para aumentarla.

## **Efectividad.**

Así mismo para conocer que tan bien se realizan las operaciones que se realizan en un determinado proceso es necesario conocer la efectividad del mismo a través del tiempo. Esto debe realizarse con un sistema de comparación que permita valorar la efectividad de los factores de forma impersonal y precisa con la finalidad de proporcionar información relevante y veraz.

Sin embargo para esta tarea intervienen factores que no siempre son fáciles de calificar o cuantificar además de que los datos no pueden ser los adecuados o ser insuficientes. Para ello es necesario el uso de técnicas que permitan conocer la relevancia de estos factores así como ofrecer una estimación numérica de los mismos.

Obtenida la información se realiza una comparación para saber si hay un aumento, una disminución o no ha cambiado el estado de ejecución de una determinada actividad. Sin embargo existe la dificultad antes mencionada de lograr una estimación numérica de tales actividades por ello es necesario un amplio criterio por parte del investigador. Hecho esto es factible el reconocimiento de las posibles tendencias recurriendo al uso de los denominados "índices". De esta manera se obtendrán indicadores numéricos de la efectividad de las operaciones de la empresa y con esto conocer que tan productivos son los factores de la misma.

## **Procedimiento en la investigación industrial.**

Como toda metodología la investigación cuenta con su propio procedimiento con el cual se busca mantener un orden y obtener información útil para el investigador:

Etapa I. Planear la investigación.

- Definir la materia objeto de investigación.
- Definir el propósito final de la investigación.
- Determinar el tiempo disponible para la investigación.
- Planear las fases y el volumen del trabajo.
- Determinar los medios de investigación e información y la facilidad para obtenerlos.
- Obtener la autorización necesaria para la orientación y el programa a que se sujetará la investigación.

**Etapas II. Analizar el tema.**

- Determinar los factores pertinentes al tema y a su operación.
- Averiguar las funciones de cada factor.
- Determinar la información mínima necesaria.
- Recopilar la información.
- Verificarla.
- Asegurarse de que esté completa.

**Etapas III. Examinar cada factor en esta forma.**

- ¿Hasta que grado concuerda la operación de los factores con las funciones asignadas a éstos?
- ¿Qué tendencia se registra en el campo de cada factor?
- ¿Qué evolución ocurre en los campos relacionados?
- ¿Cuáles elementos del factor están estimulando la operación?
- ¿Cuáles elementos del factor ejercen una influencia limitadora?
- ¿Qué objetivos debieran lograrse en el campo de cada factor?
- ¿De qué medios se dispone para alcanzar estos objetivos?

**Etapas IV. Combinar los hallazgos para diagnosticar sobre el total de operaciones.**

- ¿Cuál parece ser la capacidad óptima de acuerdo con los objetivos de la operación?
- ¿Cuál es la ejecución total real?
- ¿Cuáles son los factores limitadores?
- ¿Qué factores deben estudiarse con mayor detalle?
- ¿Qué objetivos pueden alcanzarse con el empleo de los medios disponibles?
- Examinar el total de los hallazgos encontrados en cooperación con otros especialistas.

#### Etapa V. Presentar el diagnóstico.

- Preparar documentos para su discusión; diagramas, etc., para su presentación.
- Señalar claramente qué hallazgos y diagnósticos está sujetos al juicio de las personas responsables de la ejecución de las operaciones que se investigan.
- Exponer el desarrollo de los hallazgos.
- Obtener el acuerdo de las diferentes opiniones sobre cada uno de los pasos antes de avanzar al siguiente.
- Estimular las decisiones.
- No perder de vista el hecho de que la decisión es prerrogativa de las personas responsables de la ejecución o dirección.

Esta metodología es similar para todos los niveles pero es importante adecuarla de acuerdo a las responsabilidades y circunstancias de cada nivel.

#### **Ventajas y limitaciones.**

El análisis factorial como cualquier otra metodología tiene sus ventajas y limitantes. Entre las ventajas tenemos:

1. Sus principios son igualmente aplicables a todas las industrias y a todos los niveles industriales.
2. Al nivel de la empresa puede ser aplicado, después de alguna práctica, por miembros del cuerpo directivo.
3. Debido a su carácter sistemático es más factible que pueda ser aplicado a más problemas de productividad industrial que otros métodos.
4. Es muy útil para especialistas de institutos de investigación ya que puede acelerar el trabajo y facilitar el informe.
5. Permite una mayor colaboración de los que intervienen en las tareas para elevar la productividad debido al uso de cuadros y diagramas en la presentación del informe.

Limitaciones:

1. No revela necesariamente todas las fuerzas que afectan las actividades debido a que ha sido concebido como un método de diagnóstico general.
2. No es un procedimiento infalible ya que sólo es una herramienta para obtener información de manera racional y con esta formular juicios.
3. Es necesario el criterio del investigador ya que muchos aspectos de las operaciones industriales no pueden medirse ni compararse cuantitativamente.
4. Como toda metodología es factible de ser corregida, ampliada y mejorada.

### **Guía general de aplicación del análisis factorial para la Empresa**

A continuación se describe más a fondo los estados óptimos de operación para cada uno de los factores así como de algunos índices que faciliten la tarea de evaluar el estado de una empresa.

#### **1.- Medio ambiente.**

Los encargados de este factor informarán oportunamente a la empresa de los cambios que ocurren en las condiciones externas para su orientación y asimismo, informar al exterior sobre las actividades de la empresa.

Esta información debe contener básicamente:

##### **a) Desarrollo tecnológico.**

Se encargará de recopilar la información relativa a las novedades de carácter técnico y científico que se refieran a los productos, servicios, procesos, normas o prácticas administrativas relacionadas con la empresa.

##### **b) Desarrollo económico.**

Esta debe contener, la información de carácter económico que pueda estar relacionada con la empresa. Debe contener estudios de correlación y comentarios hechos por economistas o personas especializadas en la materia.

##### **c) Tendencias económicas externas.**

Es necesario contar con la información disponible sobre ciertas tendencias económicas con respecto a la evolución de la empresa y para conocer cómo estos afectan o pueden afectar en el futuro. Las influencias del ambiente pueden ser locales, nacionales internacionales, para los cuales es posible medirlos mediante un análisis de correlación.

## 2.- Política y dirección.

Tiene por misión fijar a la empresa objetivos razonables, y proveerla de los medios necesarios para alcanzarlos.

Para conocer si la actuación de este factor es la adecuada se cuenta con dos indicadores básicos: la dirección o rumbo y la velocidad de trabajo o rendimiento.

### a) Dirección de la empresa.

La dirección debe buscar un equilibrio al conducir a la empresa. Si trata de conseguir una gran productividad debe hacer grandes inversiones y por tanto la liquidez de la misma se resiste y no habrá dinero para pagar a los acreedores. En cambio, si mantiene alta la liquidez, para tener altos los créditos, la productividad de la empresa disminuye.

Para evaluar esto en términos cuantitativos es posible el uso de la siguiente fórmula:

Dirección = Liquidez / Productividad, donde:

Liquidez = Capital de trabajo / Activo circulante

Productividad = Utilidad neta en % / Activo total

### b) Velocidad de trabajo.

Representa el porcentaje o proporción en que se mueve el dinero y los productos dentro de un período determinado:

Velocidad = Ventas netas / Activo circulante

## 3.- Productos y procesos.

Su actividad será seleccionar para su producción los artículos que al mismo tiempo que presten servicios a los consumidores rindan beneficios a la empresa y así como determinar los procesos adecuados de producción.

Los principales indicadores de este factor son:

### a) Competencia.

Es necesario contar con información sobre las mejoras, aditamentos, volúmenes de ventas, aceptación, cambios, etc. de los productos, procesos o servicios competitivos, para obtener el porcentaje de participación en el mercado.

b) Rentabilidad del producto.

Se obtiene mediante el análisis marginal con el cuál se obtiene la rentabilidad del producto y con este la utilidad neta que obtiene la empresa.

c) Control de calidad.

Este puede realizarse mediante variables o por atributos, es decir en cuanto a productos medibles o que deben cumplir determinadas características. Para su análisis son útiles las gráficas de medidas y rangos, y la gráfica por productos defectuosos.

d) Indicador de rechazos.

Se necesita evitar el motivo que producen las devoluciones de ventas ya efectuadas para ello es útil contar con un seguimiento de los rechazos.

e) Independencia financiera.

Con este indicador se estudia el grado de independencia que se tiene con respecto al financiamiento de las operaciones de la empresa.

$I = \text{Capital contable en \%} / \text{Activo total}$

#### 4.- Financiamiento.

Este factor tendrá que proveer de los recursos monetarios adecuados por su cuantía y origen, para efectuar las inversiones necesarias, así como para desarrollar las operaciones de la empresa.

Los indicadores de este aspecto nos darán por tanto el equilibrio que debe haber en las finanzas de la empresa, representado por la disponibilidad de dinero y la oportunidad de los pagos hacia los acreedores.

a) Indicador del Capital de trabajo.

Este representa el porcentaje de los bienes circulantes no comprometidos con respecto al activo circulante. El capital de trabajo se obtiene de restar el pasivo a corto plazo al activo circulante. El indicador se obtiene como sigue:

$I = \text{Capital de trabajo en \%} / \text{Activo circulante.}$

La inspección continua de este indicador de Capital de trabajo ayuda a mantener el equilibrio de las cuentas por pagar.

b) Indicador de cartera.

Este debe ser llevado de manera periódica y mostrar la tendencia de las cifras que representan las cuentas no cobradas por antigüedad de saldos vecinos, así como el número de clientes que se encuentran retrasados en sus pagos.

c) Indicador de cobranzas.

Este muestra el porcentaje de eficiencia del departamento de cobranzas y se calcula con el porcentaje que representa la cantidad cobrada mensualmente con respecto a la facturación.

d) Indicador del punto de equilibrio. Este da a conocer el porcentaje de las ventas que se requieren para cubrir los gastos fijos o de estructura de la empresa.

$I = \text{Punto de equilibrio (Pe)} / \text{Ventas totales}$ , donde:

$Pe = \text{Gastos fijos} / \text{Margen en \%}$

e) Grado de autofinanciamiento.

Muestra el porcentaje de las utilidades reinvertidas en la empresa con base al capital social.

$I = \text{Reservas de capital} / \text{Capital social}$ .

f) Dependencia bancaria.

Con este indicador se conoce el grado de dependencia que se tiene con los bancos para mantener el equilibrio durante el crecimiento natural de la empresa.

$I = \text{Créditos bancarios} / \text{Activo total}$

g) Movilidad del activo circulante.

Señala la proporción de los bienes en operación con respecto a la inversión total.

$I = \text{Activo circulante} / \text{Activo total}$

## 5.- Medios de producción.

Para la operación de este factor las personas encargadas de él deberán tener conocimiento de maquinaria y equipo de la rama sobre la que se está trabajando y, además, conocer sobre los terrenos, edificios e instalaciones para poder dotar a la empresa y ésta efectúe sus operaciones eficientemente.



Los siguientes indicadores mantienen al tanto de lo que suceda con las inversiones:

a) Productividad de los medios de producción.

Señala la cantidad de producción lograda por cada hora - máquina.

Productividad = Producción (unidades) / Hora - máquina

b) Mantenimiento.

Indica el costo de mantenimiento por cada peso gastado en la producción, en un período determinado.

I = Costo de mantenimiento / Costo de producción.

c) Estado del activo fijo.

Este se relaciona con los anteriores. Señala la cantidad gastada en mantenimiento y reparación por cada peso en activo fijo.

I = Costo de reparación y mantenimiento / Activo fijo.

d) Intensidad de la inversión.

Representa la cantidad invertida en la estructura general por cada peso invertido en la empresa.

I = Activo fijo / Activo total.

e) Grado de mecanización.

Muestra los pasos que da la empresa hacia la automatización y la velocidad con que se logra.

I = Maquinaria y equipo / Activo total.

## **6.- Fuerza de trabajo.**

Este factor tiene como función seleccionar y adiestrar al personal idóneo y organizarlo tratando de alcanzar la óptima productividad en el desempeño de sus labores.

La fuerza de trabajo o personal de la empresa es uno de los puntos clave para lograr la máxima productividad en la compañía. Es necesario concentrar la atención en los indicadores que muestran no sólo la cantidad de trabajo y ociosidad sino también el grado de satisfacción que tienen los empleados al desempeñar sus actividades.

a) Indicador de las horas-hombre trabajadas.

Da a conocer los cambios en la fuerza de trabajo ocupada. Se usa cuando hay grandes variaciones en la capacidad de horas-hombre instalada con el tiempo trabajado efectivamente.

b) Salario medio:

$$I = \text{Salario pagado} / \text{horas-hombre trabajadas}$$

c) Índices de productividad.

La productividad es la proporción dinámica de la producción y sus insumos o componentes.

$$I = \text{Producción} / \text{Insumo}$$

También es posible medirla observando el desarrollo de la proporción entre lo logrado y lo programado.

$$I = \text{Logrado} / \text{Programado}, I = \text{Realizado} / \text{Presupuestado}$$

Otra de las formas es midiendo la producción lograda con las horas-hombre trabajadas.

$$I = \text{Producción} / \text{Hora-hombre trabajadas}$$

d) Ausentismo.

Este indicador señala además del porcentaje de horas ausentes, el grado de inconformidad que tienen los trabajadores con las políticas internas de la empresa.

$$I = \text{Horas-hombre ausentes} / \text{Horas-hombre trabajadas}$$

e) Índice de frecuencias de accidentes.

Muestra la frecuencia con que se presentan los accidentes en relación al tiempo trabajado.

$$I = \text{Numero de accidentes con incapacidad} * 1,000,000 / \text{Horas-hombre trabajadas}$$

f) Rotación de mano de obra.

$$I = \text{Número de trabajadores separados} / \text{número promedio}$$

g) Ventas por trabajador.

$$I = \text{Ventas totales} / \text{Número de trabajadores}$$

## 7.- Suministros.

Este se encarga de que la empresa tenga un suministro continuo de materiales y servicios de calidad a precios convenientes.

La existencia de materia prima, productos en proceso y productos terminados en los almacenes respectivos, se justifica por la necesidad de tener una protección adecuada para la producción o distribución. Sin embargo no es conveniente tampoco tener grandes cantidades de materias primas o producto terminado por los riesgos que se corren: pérdidas, robos, incendios obsolescencia, etc.

a) Movilidad de los inventarios.

Presenta la tendencia del nivel de los inventarios con base en la inversión propia, o sea el capital contable.

$I = \text{Inventarios} / \text{Capital contable}$

b) Importancia de los suministros:

$I = \text{Costos de la materia prima y materiales} / \text{Costos de fabricación}$

c) Rotación de los materiales:

$I = \text{Materia prima empleada en el mes} / \text{Inventario de materia prima en el mes}$

d) Entrega de suministros:

$I = \text{Días de entrega de proveedores} / \text{Días de producción}$

**8.- Actividad productora.** Esta se encarga de organizar y efectuar las operaciones de producción en forma eficiente y económica. Algunos de los indicadores pueden ser:

a) Utilización de la capacidad productora.

Puede medirse mediante cualquiera de los siguientes indicadores:

$I = \text{Cantidad física de artículos (Producción)} / \text{Capacidad instalada en la empresa.}$

Con este se mide la producción en un intervalo de tiempo.

$I = \text{Tiempo real de trabajo} / \text{tiempo óptimo de trabajo}$

b) Utilización de los materiales:

$I = \text{Desechos y desperdicios} / \text{Materia prima}$

Con este se conoce el porcentaje de la merma.

---

## 9.- Mercadeo.

Se encargará de adoptar las medidas que garanticen el flujo continuo de los productos al mercado y que proporcionen el óptimo beneficio tanto a la empresa como a los consumidores

Los indicadores para ver el perfil de la empresa con este factor son:

a) Tendencia.

Se grafica la tendencia de las ventas y se calcula matemáticamente dependiendo del comportamiento que se observe de la misma.

b) Rentabilidad de las ventas:

$$I = 1 - (\text{Gastos fijos} / \text{Ventas} - \text{Gastos variables})$$

c) Influencias de la distribución:

$$I = \text{Gastos de ventas y distribución} / \text{Costo de lo vendido.}$$

d) Influencia de la ubicación:

$$I = \text{Gastos de transporte y acarreo} / \text{Costo de lo vendido}$$

e) Influencia de la propaganda:

$$I = \text{Gastos de propaganda y promoción} / \text{Ventas netas}$$

f) Proporción de devoluciones:

$$I = \text{Valor de la mercancía de vuelta} / \text{Ventas netas}$$

**10.- Contabilidad y estadística.** Deberá establecer y tener en funcionamiento una organización para la recopilación de datos, particularmente financieros y de costos, con el fin de mantener informada a la empresa de los aspectos económicos de sus operaciones en forma oportuna fácil de analizar a un bajo costo.

Los indicadores de los factores han sido diseñados para recibir información al final de cada período, acumularse en forma estadística a la de los períodos anteriores y presentar la tendencia respectiva. Una información estática no servirá para tomar medidas correctivas ni sería fácil su interpretación administrativa.

Los indicadores no dicen el por qué está mal el funcionamiento de una actividad o trabajo, sino sólo señalan la anomalía y cuando ésta se presente el responsable del factor en cuestión deberá pedir una mayor información o hacer personalmente una investigación minuciosa para determinar las causas de la irregularidad.

## II.2.3 DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO

El Diagrama de causa y Efecto (o Espina de Pescado) es una técnica gráfica ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra.

Construido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio, Kaoru Ishikawa, para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando discutían problemas de calidad.

Cuando se ha identificado el problema a estudiar, es necesario buscar las causas que producen la situación anormal. Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción. Estos factores pueden estar relacionados entre sí y con el efecto que se estudia. El Diagrama de Causa y Efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

El Diagrama de Causa y Efecto es un gráfico con la siguiente información:

- El problema que se pretende diagnosticar
- Las causas que posiblemente producen la situación que se estudia.
- Un eje horizontal conocido como espina central o línea principal.
- El tema central que se estudia se ubica en uno de los extremos del eje horizontal. Este tema se sugiere encerrarse con un rectángulo. Es frecuente que este rectángulo se dibuje en el extremo derecho de la espina central.
- Líneas o flechas inclinadas que llegan al eje principal. Estas representan los grupos de causas primarias en que se clasifican las posibles causas del problema en estudio.
- A las flechas inclinadas o de causas primarias llegan otras de menor tamaño que representan las causas que afectan a cada una de las causas primarias. Estas se conocen como causas secundarias.
- El Diagrama de Causa y Efecto debe llevar información complementaria que lo identifique. La información que se registra con mayor frecuencia es la siguiente: título, fecha de realización, área de la empresa, integrantes del equipo de estudio, etc.

SE USA PARA:

- Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.
- Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
- Analizar procesos en búsqueda de mejoras.
- Conduce a **modificar procedimientos**, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, con **soluciones** - muchas veces - **sencillas y baratas**.
- **Educa** sobre la comprensión de un problema.
- Sirve de **guía objetiva** para la discusión y la motiva.
- Muestra el nivel de **conocimientos técnicos** que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- **Prevé los problemas** y ayuda a controlarlos, no sólo al final, sino durante cada etapa del proceso.
- No basta con decir "trabajen más", "esfuércense!!!" Hay que **señalar pasos**, y valorar las causas de los problemas. **Ordenarlas** para poder tratarlas.

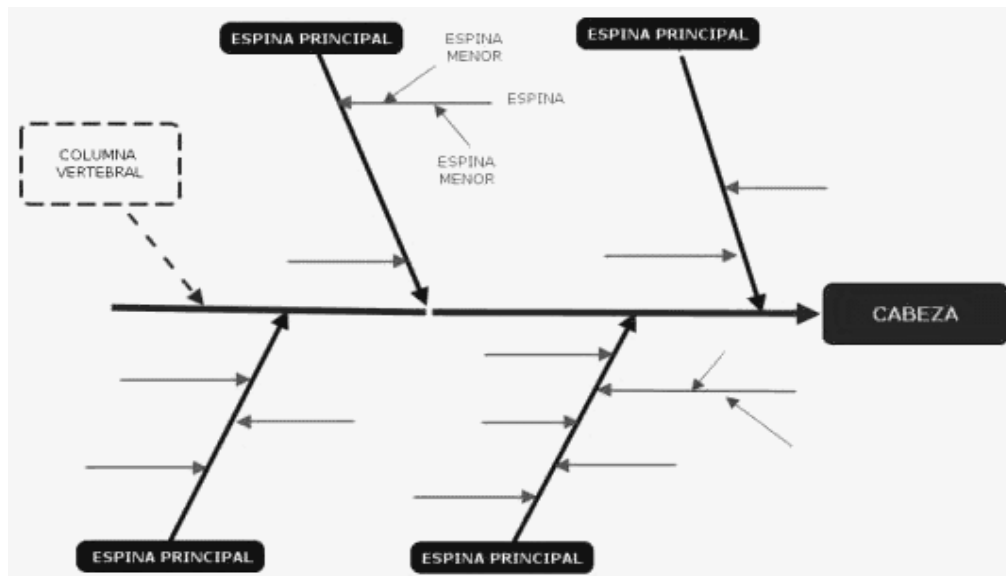


Figura 2.8 diagrama de causa y efecto (Ishikawa)

La mejor manera de identificar problemas es a través de la participación de todos los miembros del equipo de trabajo en que se trabaja y lograr que todos los participantes vayan enunciando sus sugerencias. Los conceptos que expresen las personas, se irán colocando en diversos lugares. El resultado obtenido será un Diagrama en forma de Espina de Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa ayuda a graficar las causas del problema que se estudia y analizarlas. Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema. En algunas oportunidades son causas independientes y en otras, existe una íntima relación entre ellas, las que pueden estar actuando en cadena.

El Diagrama que se efectúe debe tener muy claramente escrito el nombre del problema analizado, la fecha de ejecución, el área de la empresa a la cual pertenece el problema y se puede inclusive colocar información complementaria como puede ser el nombre de quienes lo hayan ejecutado, etc.

### **Elementos claves del pensamiento de Ishikawa:**

- La calidad empieza con la educación y termina con la educación.
- El primer paso a la calidad es conocer lo que el cliente requiere.
- El estado ideal de la calidad es cuando la inspección no es necesaria.
- Hay que remover la raíz del problema, no los síntomas.
- El control de la calidad es responsabilidad de todos los trabajadores.
- No hay que confundir los medios con los objetivos.
- Primero poner la calidad y después poner las ganancias a largo plazo.
- El comercio es la entrada y salida de la calidad.
- Los altos ejecutivos de las empresas no deben de tener envidia cuando un obrero da una opinión valiosa.
- Los problemas pueden ser resueltos con simples herramientas para el análisis.
- Información sin información de dispersión es información falsa.

La teoría de Ishikawa era manufacturar todo a bajo costo. Postuló que algunos efectos dentro de empresas que se logran implementando el control de calidad son la reducción de precios, bajar los costos, establecer y mejorar la técnica, entre otros.

No es en vano que a Ishikawa se le deba mucha gratitud por sus ideas que revolucionaron el mundo de la industria, la administración, el comercio y los servicios. De su capacidad y sus teorías se nutrió el Japón y llegó a ser lo que todos vemos hoy día.

### **II.2.4 ANÁLISIS FODA**

FODA (en inglés *SWOT*), es la sigla usada para referirse a una herramienta analítica que le permitirá trabajar con toda la información que se posea sobre un negocio, útil para examinar Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de un negocio y el entorno en el cual éste compete. El análisis FODA tiene múltiples aplicaciones y puede ser usado por todos los niveles de la corporación y en diferentes unidades de análisis tales como producto, mercado, producto-mercado, línea de productos, corporación, empresa, división, unidad estratégica de negocios, etc. Muchas de las conclusiones obtenidas como resultado del análisis FODA, podrán ser de gran utilidad en el análisis del mercado y en las estrategias de mercadeo que se diseñen y que califiquen para ser incorporadas en el plan de negocios.

El análisis FODA debe enfocarse solamente hacia los factores claves para el éxito del negocio. Debe resaltar las fortalezas y las debilidades diferenciales internas al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia y con las oportunidades y amenazas claves del entorno.

Lo anterior significa que el análisis FODA consta de dos partes: una interna y otra externa.

- La parte interna tiene que ver con las fortalezas y las debilidades del negocio, aspectos sobre los cuales se tiene algún grado de control.
- La parte externa mira las oportunidades que ofrece el mercado y las amenazas que debe enfrentar el negocio en el mercado seleccionado. Aquí se tiene que desarrollar toda la capacidad y habilidad para aprovechar esas oportunidades y para minimizar o anular esas amenazas, circunstancias sobre las cuales se tiene poco o ningún control directo

### **Fortalezas y Debilidades**

Considera áreas como las siguientes:

- Análisis de Recursos: Capital, recursos humanos, sistemas de información, activos fijos, activos no tangibles.
- Análisis de Actividades: Recursos gerenciales, recursos estratégicos, creatividad
- Análisis de Riesgos: Con relación a los recursos y a las actividades de la empresa.
- Análisis de Portafolio: La contribución consolidada de las diferentes actividades de la organización.

Se deben hacer preguntas como éstas:

- ¿Cuáles son aquellos cinco a siete aspectos donde se cree que se supera a los principales competidores?
- ¿Cuáles son aquellos cinco a siete aspectos donde se cree que los competidores nos superan?

Al evaluar las fortalezas de una organización, hay que tener en cuenta que éstas se pueden clasificar así:

1. Fortalezas Organizacionales Comunes: Cuando una determinada fortaleza es poseída por un gran número de empresas competidoras. La paridad competitiva se da cuando un gran número de empresas competidoras están en capacidad de implementar la misma estrategia.
2. Fortalezas Distintivas: Cuando una determinada fortaleza es poseída solamente por un reducido número de empresas competidoras. Las empresas que saben explotar su fortaleza distintiva, generalmente logran una ventaja competitiva y obtienen utilidades económicas por encima del promedio de su industria. Las fortalezas distintivas podrían no ser imitables cuando:
  - Su adquisición o desarrollo pueden depender de una circunstancia histórica única que otras empresas no pueden copiar.
  - Su naturaleza y carácter podría no ser conocido o comprendido por las empresas competidoras. (Se basa en sistemas sociales complejos como la cultura empresarial o el trabajo en equipo).
3. Fortalezas de Imitación de las Fortalezas Distintivas: Es la capacidad de copiar la fortaleza distintiva de otra empresa y de convertirla en una estrategia que genere utilidad económica.



La ventaja competitiva será temporalmente sostenible, cuando subsiste después que cesan todos los intentos de imitación estratégica por parte de la competencia.

Al evaluar las debilidades de la organización, hay que tener en cuenta que se está refiriendo a aquellas que le impiden a la empresa seleccionar e implementar estrategias que le permitan desarrollar su misión. Una empresa tiene una desventaja competitiva cuando no está implementando estrategias que generen valor mientras otras firmas competidoras si lo están haciendo.

### Oportunidades y Amenazas

Las oportunidades organizacionales se encuentran en aquellas áreas que podrían generar muy altos desempeños. Las amenazas organizacionales están en aquellas áreas donde la empresa encuentra dificultad para alcanzar altos niveles de desempeño.

**Tabla 2.10 partes internas y externas del análisis FODA**

Análisis FODA	Fortalezas	Debilidades
Análisis Interno	Capacidades distintas Ventajas naturales Recursos superiores	Recursos y capacidades escasas Resistencia al cambio Problemas de motivación del personal
	Oportunidades	Amenazas
Análisis Externo	Nuevas tecnologías Debilitamiento de competidores Posicionamiento estratégico	Altos riesgos - Cambios en el entorno

**Figura 2.9 Matriz FODA**



## II.2.5 ESTUDIO DE LAY OUT (Distribución de planta)

El lay out es el esquema de distribución, lógico y ordenado de un sistema y es usado como herramienta para optimizar procesos o sistemas. Es la esquematización de la distribución planimétrica de la Planta, requiere:

- Tomar en cuenta las proporciones, en volumen y frecuencia de movimientos entre los elementos participantes.
- Prever necesidades futuras.
- Lograr la máxima seguridad para el desarrollo de las actividades de producción y transporte dentro de la Planta.

Ofrece muchos beneficios tales como:

- Nos permite aprovechar de manera óptima el espacio que hay dentro de un determinado lugar.
- El mejor arreglo o disposición de los elementos que conforman una empresa.
- Busca el libre tránsito de materiales y objetos entre los elementos.
- Garantiza los menores recorridos entre los almacenes de material las estaciones de trabajo y los Almacenes de Producto terminado.
- Destina el espacio suficiente para la comodidad y seguridad de las personas que hay laboran.

Entonces, los objetivos de la distribución de planta son:

- Minimizar distancias en el movimiento de materiales.
- Idear un acomodo lógico según las etapas del proceso
- Circulación del trabajo a través de la empresa.
- Utilización efectiva de todo el espacio.
- Satisfacción y seguridad para los obreros.
- Disposición flexible.
- Facilitar la supervisión de las tareas y las actividades de mantenimiento

Los tipos básicos de distribución son:

- a) Distribución por posición fija: Es aquella en la cual el producto a fabricar no se desplaza por la planta, sino que permanece en un solo lugar, y por lo tanto toda la maquinaria y demás equipo necesario se llevan hacia el lugar de trabajo.
- b) Distribución por proceso: Es cuando todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, este sistema de distribución se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria. En la Fig 2.10 A) se muestra un ejemplo de distribución por proceso.
- c) Distribución por producto: En este caso, toda la maquinaria y equipo necesario para fabricar un determinado producto se agrupa en una misma zona y se ordenan de acuerdo al proceso de fabricación. En la Fig 2.10 B) se muestra un ejemplo de distribución por producto.

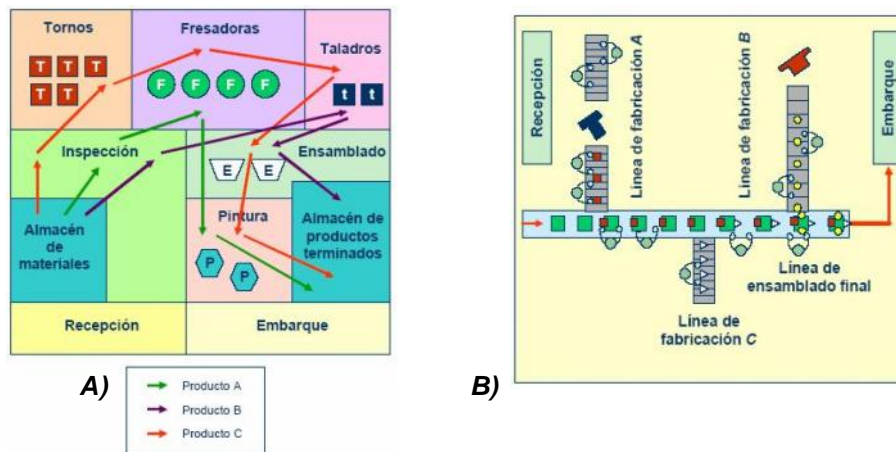


Fig. 2.10: A) esquema que ejemplifica la distribución de planta por proceso. B) esquema que ejemplifica la distribución de planta por producto

### II.2.6 CURSOGRAMA ANALÍTICO

Estos diagramas cuentan con simbología específica para clasificar cada una de las acciones que se llevan a cabo en un determinado proceso, con el fin de detectar y eliminar posibles ineficiencias. Es por esto, que para poder identificar y familiarizar los diagramas, en la tabla 2.11 se muestran los símbolos utilizados para la elaboración de estos.

Tabla 2.11 simbología para el diagrama de procesos

Símbolo	Significado
○	Operación: Toda operación que modifica las características principales de los objetos: Manual: ensamble doblado pegado cortado Máquinas: desbaste, aporte de material, troquelado galvanizado, etc.
□	Inspección: revisión cualitativa y cuantitativa de las especificaciones resultantes de las operaciones.
⇨	Transportare: Traslado de un objeto de un lugar a otro
D	Demora: Tiempo que espera un material para ser procesado o almacenado
▽	Almacenaje: Lugar en el cual resguardan los materiales o productos
◻	Operación combinada: es la combinación de dos o más de las operaciones anteriores

Existen dos tipos de diagramas de procesos:

Técnicos.

Los técnicos son aquellos en donde se definen las etapas de un proceso de producción, se definen paso a paso cada una de las etapas del proceso.

Organizacionales.

El Organizacional es aquel que tiene que ver con la planeación de recurso humano y elementos organizacionales.

Los pasos al desarrollar una hoja de proceso son:

1. Hacer la hoja respectiva, cuyo encabezado tendrá datos de identificación del proceso.
2. El cuerpo consta de 5 columnas para los símbolos, 1 para la descripción breve del trámite, 2 para las distancias de los transportes y minutos de demora y 1 para observaciones.
3. Se anota la descripción de los pasos del proceso y se marcan puntos en las columnas de los símbolos correspondientes, uniéndolos con una línea.
4. Se obtienen los totales una vez terminada la descripción del proceso, tomando en cuenta el número de las operaciones, transportes, inspecciones, demoras, así como el tiempo perdido en el almacenamiento.
5. Los totales indican el tipo de acción que conviene tomar para un análisis más profundo y cambiar aquellos aspectos que nos pueden afectar en un tiempo determinado.

## II.2.7 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

**ESTUDIO DE TIEMPOS:** Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Se deben compaginar las mejores técnicas y habilidades disponibles a fin de lograr una eficiente relación hombre-máquina. Una vez que se establece un método, la responsabilidad de determinar el tiempo requerido para fabricar el producto queda dentro del alcance de este trabajo. También está incluida la responsabilidad de vigilar que se cumplan las normas o estándares predeterminados, y de que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento. Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la reparación del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de éstas para determinar los procedimientos de manufactura más económicos según la producción considerada, la utilización de los tiempos apropiados y, finalmente, las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación cabalmente.

EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS: tiene por objetivo eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes, el estudio de movimientos se puede aplicar en dos formas, el estudio visual de los movimientos y el estudio de los micromovimientos. El primero se aplica más frecuentemente por su mayor simplicidad y menor costo, el segundo sólo resulta factible cuando se analizan labores de mucha actividad cuya duración y repetición son elevadas.

Dentro del estudio de movimientos hay que resaltar los movimientos fundamentales, estos movimientos fueron definidos por los esposos Gilbreth y se denominan Therblig's, son 17 y cada uno es identificado con un símbolo gráfico, un color y una letra O SIGLA:

**Tabla 2.12 Tipos de movimientos**

THERBLIG	LETRA O SIGLA	COLOR
Buscar	B	negro
Seleccionar	SE	Gris Claro
Tomar o Asir	T	Rojo
Alcanzar	AL	Verde Olivo
Mover	M	Verde
Sostener	SO	Dorado
Soltar	SL	Carmin
Colocar en posición	P	Azul
Precolocar en posición	PP	Azul Cielo
Inspeccionar	I	Ocre Quemado
Ensamblar	E	Violeta Oscuro
Desensamblar	DE	Violeta Claro
Usar	U	Púrpura
Retraso Inevitable	DI	Amarillo Ocre
Retraso Evitable	DEV	Amarillo Limón
Planear	PL	Castaño o Café
Descansar	DES	Naranja

Estos movimientos se dividen en eficientes e ineficientes así:

#### Eficientes o Efectivos

- De naturaleza física o muscular: alcanzar, mover, soltar y precolocar en posición.
- De naturaleza objetiva o concreta: usar, ensamblar y desensamblar.

#### Ineficientes o Inefectivos

- Mentales o Semimentales: buscar, seleccionar, colocar en posición, inspeccionar
- Planear Retardos o prórrogas: retraso evitable, retraso inevitable, descansar y sostener

### II.2.8 ANÁLISIS DE ORDEN Y LIMPIEZA

El orden y la limpieza juegan un papel fundamental en el desarrollo de una empresa sana, ya que si existe un escaso aseo en la planta ya sea pequeña o grande esto impide que se alcance la plenitud en el aprovechamiento de las fuerza y elementos laborales con los que se cuenta, una empresa sucia y desordenada es una empresa que estará destinada al atraso y a la ineficiencia, con riesgos tales que las consecuencias de estos son inimaginables para los dueños y trabajadores, tales riesgos son la ineficiencia y perdidas, la inseguridad laboral, riesgos de enfermedades laborales, siniestros que pueden acabar con toda la empresa y el empleo de mucha gente como incendios, que son muy comunes en empresas con este problema.

El análisis de el orden y limpieza consiste en identificar los lugares con mas desorden y desaseo, identificar las causas que lo originan y eliminarlas, asear dichos lugares, educar a la gente para evitar nuevamente el desorden y darle seguimiento. Esta técnica suena bastante sencilla, y lo es, lo mejor de esto es que no tiene ningún costo y no requiere de grandes estudios ni esfuerzos para realizarla, logrando que se lleve a cabo se tendrá un muy significativo avance para la solución de la ineficiencia. El orden y la limpieza son vitales en una empresa donde labora mucha gente y se manejan muchos materiales.

### II.2.9 SEGURIDAD INDUSTRIAL

La Seguridad Industrial es una realidad compleja, que abarca desde problemática estrictamente técnica hasta diversos tipos de efectos humanos y sociales. Proporcionando soluciones de entrenamiento para mejorar la seguridad y calidad de vida de los trabajadores, y salvaguardar los recursos materiales y tecnológicos con los que cuenta la empresa.

La aproximación lectiva que se presenta para el estudio de la Seguridad Industrial se estructura, según tres niveles relativos al ámbito cubierto, y según varios pilares de vertebración de estudio.

Los tres niveles hacen referencia a:

- Seguridad laboral u ocupacional.
- Seguridad de los productos industriales.
- Seguridad de los procesos y las instalaciones industriales concretas (servicios, instalaciones, etc.).

En cuanto a los pilares de estudio podemos señalar las líneas siguientes:

- Análisis según el origen físico del riesgo.
- Metodologías generales de Seguridad y principios de aplicación genéricos (como los conceptos de Costo-Beneficio, uso de Normativa, etc).
- Metodologías específicas de diversas áreas (Alta Tensión, Baja Tensión, Máquinas, etc.)
- Aplicaciones a realidades industriales o paraindustriales

Con las referencias anteriores se realizará el análisis de la seguridad industrial para las siguientes categorías.

## CATEGORIAS

- Abuso de Sustancias
- Aseguramiento y la Colocación de Avisos
- Calidad y Medio Ambiente
- Comunicación de los Peligros
- Desperdicios Peligrosos
- Equipos de Protección Personal
- Espacios Cerrados
- Materiales Peligrosos
- Prevención de Incendios y Emergencias
- Protección Contra las Caídas
- Seguridad con la Electricidad
- Seguridad con las Máquinas
- Seguridad en los Procesos

## II.2.10 CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Se refiere esencialmente a la cantidad de artículos y vigilar que se haga como se planeó, es decir, se refiere a la verificación para que se cumpla con lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original.

Es hacer que el plan de materiales que llega a la fábrica pase por ella y salga de ella regulándose de manera que alcance la posición óptima en el mercado y dejando utilidad razonable para la empresa.

El control de la producción se define como la función de dirigir o regular el movimiento metódico de los materiales por todo el ciclo de fabricación, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado, mediante la transmisión sistemática de instrucciones a los subordinados, según el plan que se utiliza en las instalaciones del modo más económico.

Para lograr el objetivo, la gerencia debe estar al tanto del desarrollo de los trabajos a realizar, el tiempo y la cantidad producida; así como modificar los planes establecidos, respondiendo a situaciones cambiantes.

Preguntas básicas para el control de la producción:

1. ¿Qué es lo que se va a hacer?
2. ¿Quién ha de hacerlo?
3. ¿Cómo?, ¿Dónde?, y ¿Cuándo se va a cumplir?

Funciones del control de producción.

- Pronosticar la demanda del producto, indicando la cantidad en función del tiempo.
- Comprobar la demanda real, compararla con la planteada y corregir los planes si fuera necesario.
- Establecer volúmenes económicos de partidas de los artículos que se han de comprar o fabricar.
- Determinar las necesidades de producción y los niveles de existencias en determinados puntos de la dimensión del tiempo.
- Comprobar los niveles de existencias, comparándolas con los que se han previsto y revisar los planes de producción si fuere necesario.
- Elaborar programas detallados de producción.
- Planear la distribución de productos.



## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA**

Describir el proceso de producción de la empresa para identificar las fortalezas y debilidades en el desarrollo de sus productos. Explicar de manera general el desarrollo para la elaboración de los productos que fábrica la empresa, para conocer que elementos intervienen en el proceso y posteriormente detectar fallas de acuerdo a la información teórica y así determinar que mejoras se pueden aplicar.

### **III.1 INTRODUCCIÓN**

Como se ha mencionado anteriormente en la empresa existen diversos factores que limitan un buen proceso de inyección.

Pero a pesar de sus limitaciones, la empresa, a través de su fuerza laboral, se esfuerza por producir, dado que sus artículos son para el uso en el hogar, se requiere que la calidad con la que se fabrican sea aceptable, puesto que eso es factor determinante para poder competir en el mercado, dado que hay empresas que fabrican productos de excelente calidad a muy bajos precios.

Lo trascendente de los productos que fabrica la empresa recae en la calidad y el precio final que tengan, y hay posibilidades de que este sea barato, ya que se utiliza material reciclado de procesos anteriores, ya sea de taparrosas de botellas, o de conos para carretes de hilo textil, pero siempre y cuando esta materia prima reciclada ofrezca la posibilidad de obtener colores apropiados para la fabricación de los productos y al mismo tiempo permita una buena calidad a un bajo costo. No todos los productos se pueden fabricar con materia prima reciclada hay algunos que exigen forzosamente la utilización de material virgen.

### **III.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.**

Hay dos tipos de proceso que describir, uno consiste en la elaboración de artículos que se fabrican con material 100% reciclado, y el proceso de artículos fabricados con material virgen.

#### **III.2.1 PROCESO PRODUCTIVO PARA ARTÍCULOS FABRICADOS CON MATERIAL RECICLADO.**

El materia reciclado o de 2da como suele llamársele proveniente de mermas de empresas mas grandes, estas empresas comercializan su desperdicio o excedente a plantas recicladoras que lo trituran y lo venden como material reciclado a pequeñas empresas, o en su defecto las mismas plantas recicladoras se encargan de recolectarlo de tiraderos industriales o de la misma basura donde lo detectan, después, lo seleccionan y lo limpian para su reciclaje. Dentro de los artículos que se reciclan para la obtención de este tipo de material se pueden citar algunos como:

- Tapárosas de botellas para bebidas.
- Conos o carretes de hilo textil.
- Fleje para empaque y embalaje (color blanco).
- Depósitos dañados de anticongelante que las armadoras automotrices desechan sin usarse.
- Auto partes dañadas o en desuso.
- Todo tipo de juguetería.
- Botellas y bolsas
- Mesas y sillas de plástico que empresas cerveceras desechan.

En la figura 3.1 se muestra el proceso de elaboración de los artículos que elabora la empresa con material reciclado.

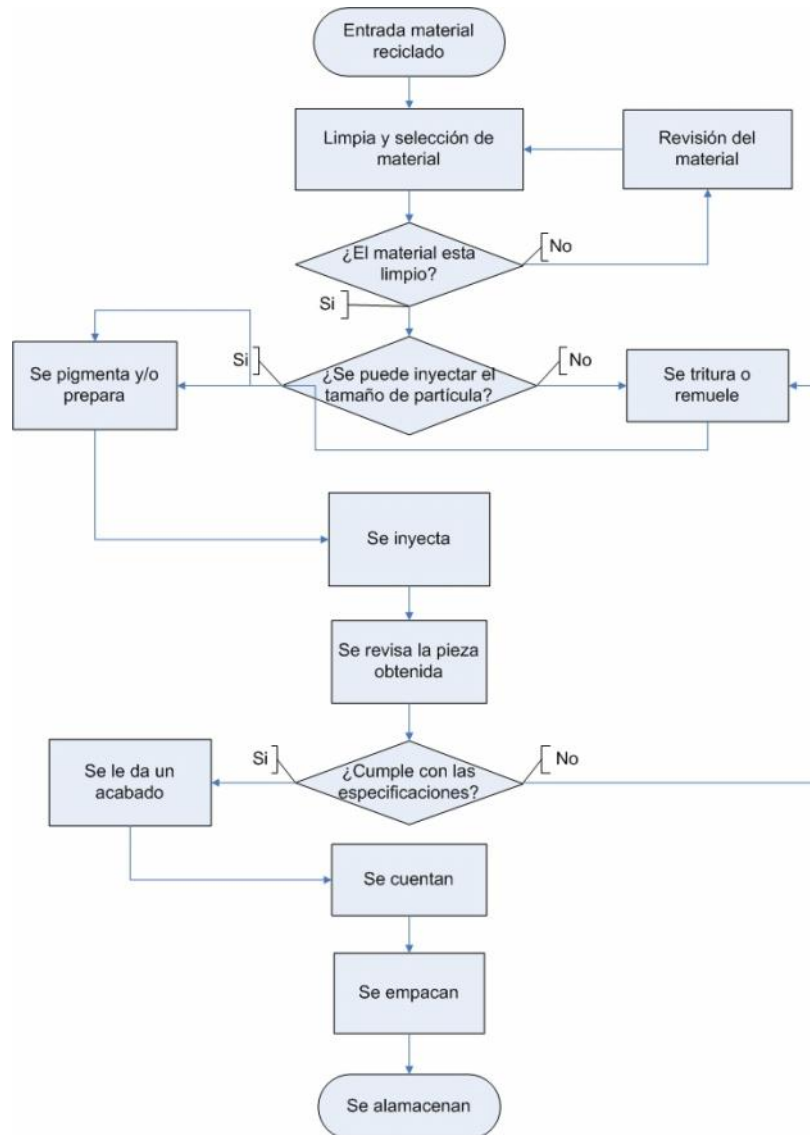


Fig. 3.1 Diagrama de Flujo para fabricación de productos con materia prima reciclada.

### Descripción

Ahora de manera más detallada se describe la fabricación de los artículos con la utilización de materia prima reciclada.

a) Entrada de material

- El material viene triturado de la plata de reciclaje.
- El material viene en costales de 25 a 30 kg.

b) Limpieza

- Se vacía el costal en un deposito
- Se escoge a mano separando cuerpos extraños como pedazos de papel aluminio u otros metales, piedras, pedazos muy grandes de plástico, y otros objetos ajenos
- Se pasa por una malla para eliminar partículas pequeñas como tierra o piedritas.
- Se pasa por imanes permanentes para eliminara metales ferrosos.
- Se vierte nuevamente en costales limpios.

c) Selección del material

- Se selecciona por color, tamaño de partícula y grado de limpieza.
- Si la partícula es muy grande se tritura una vez más.
- Dependido el grado de limpieza se escoge el color que se utilizara para pigmentarlo, entre más sucio se requiere de pigmentos más fuertes de tonos oscuros.

d) Coloración y preparación.

- Una vez que el materia cumple con grado de limpieza y tamaño de partícula se le da el color con pigmento en polvo, si se trata de color negro se utiliza pigmento tipo MasterBrasch. Este proceso se lleva a cabo en una máquina que consta de un deposito donde se vierte el material junto con los colorantes y aditivos, al activar la máquina, este deposito gira 360° a revoluciones moderadas ( de 1 a 2 rps) haciendo una mezcla homogénea.
- En ocasiones se le agregan aditivos extras para mejorar el proceso de inyección. Estos aditivos pueden ser clarificantes para mejor color, y dispersantes para lograr uniformidad y mejor fluidez.

e) Inyección

- Se vacía el material en la tolva de la maquina y se inyecta.

f) Revisión de la pieza obtenida

- Al salir de la maquina la pieza, se revisa que este completa, sin puntos de diferente color debido a contaminación del material, sin rebaba o sobrante, sin defectos por exceso de temperatura como rechupe o deformaciones.
- Si cumple con las especificaciones se le da un acabado que consta de quitar la colada y rebaba, flamearla con un soplete a flama moderada para eliminar filos y rebabas pequeñas que no se pueden quitar con navaja.

g) Conteo

- Se cuentan en paquetes, en cantidades que dependen de la presentación del producto, hay paquetes de 10, y 12 piezas

h) Empaque

- El empaque consta de colocar los paquetes pequeños de 10, y 12 piezas en caja grandes para su venta al mayoreo, dado que no se vende al menudeo.

i) Almacenaje

- Una vez que se tiene el producto terminado se almacena en un espacio destinado para esto.

Los artículos que se fabrican con este material son los siguientes:

- Molcajetes blancos y negros
- Tazas
- Platos taqueros
- Platos pasteleros
- Matamoscas
- Cucharas grandes

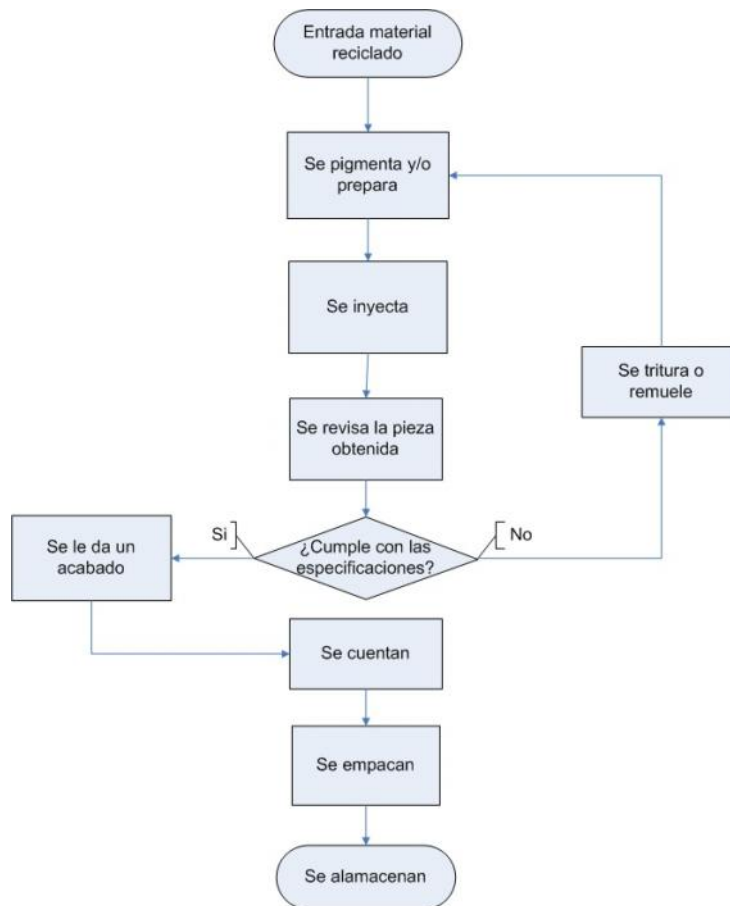
Las propiedades de la pieza con material reciclado son buenas, mantiene una buena resistencia y flexibilidad, no desprende aromas a temperatura ambiente o al someterlo a altas temperaturas con líquidos o alimentos en hornos de microondas y tiene una buena fijación en los colores.

### **III.2.2 PROCESO PRODUCTIVO PARA ARTÍCULOS FABRICADOS CON MATERIAL VIRGEN.**

El material virgen o de 1ra como suele llamársele, es suministrado por 2 proveedores. Este material es nuevo nunca ha sido procesado y es por eso que su costo es mas elevado, viene en pellets sin color y en sacos de 25 kg.

En la figura 3.2 se muestra el proceso de elaboración de los artículos que elabora la empresa con material virgen.

Fig. 3.2 Diagrama de Flujo para fabricación de productos con materia prima virgen.



### Descripción

Básicamente es el mismo proceso que se sigue para la fabricación con material reciclado solo que aquí ya no hay que limpiar ni seleccionar el material, ya directamente se pigmenta y se inyecta sin mayor problema, las piezas obtenidas se les da el mismo acabado y empaque que las de material reciclado.

Los artículos que se fabrican con este material son los siguientes:

- Cucharas soperas
- Cucharas grandes
- Platos gelatinero
- Pasteleros.

Las propiedades de la pieza con material virgen son excelentes tanto en resistencia, higiene y acabado.

### **III.3 OBSERVACIONES.**

El proceso productivo es simple y sencillo, sólo hay dos tipos de materia prima y los procesos de preparación de materia prima y acabado de piezas no presenta gran dificultad. Las maquinas que se utilizan son 4 inyectoras con su equipo auxiliar. Se requiere de personal que prepare el material y personal que monitoree y de acabado a las piezas terminadas.

## **CAPÍTULO IV**

### **DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO (ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS QUE ORIGINAN PROBLEMAS)**

Identificar las principales causas que provocan problemas en la empresa y posteriormente analizarlos para determinar el grado de afectación. Hallar los problemas que padece la empresa desde un enfoque operativo.



## IV.1 INTRODUCCIÓN

En casi todas las micro y pequeñas empresas de México se tiene un sin fin de problemas que a veces ni ellos mismos (los que trabajan ahí), los detectan. Esto debido a que se habitan a tenerlos, llamado también “ceguera de taller”, y cuando los detectan no los solucionan correctamente por diversos motivos, tales como, las cuestiones económicas, el temor a la pérdida de ritmo en la producción, la falta de tiempo, falta de mano de obra calificada, o incluso el “temor” al cambio.

En este capítulo se utilizarán algunas herramientas de ingeniería industrial para realizar una serie de análisis que nos ayudarán a detectar problemas que afectan a la empresa y a buscar soluciones para estos.

## IV.2 ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO.

Se realizará utilizando un cursograma analítico pues nos señala a detalle un proceso de forma fácil de comprender y resumida, este consta de un diagrama que muestra trayectorias de un producto o procedimiento señalando todas sus etapas mediante el símbolo que corresponda, se realizarán dos diagramas, uno para materia prima reciclada, y otro para materia prima virgen, pues el proceso es casi el mismo para todos los artículos que se fabrican, solo cambian los materiales.

### **Análisis del proceso de producción de los artículos de plástico con materia prima reciclada.**

En el cursograma de la Fig. 4.1 se presenta el análisis. Se puede observar algunos datos referidos a la información previa del tema que se pretende analizar, como el transporte de la materia prima, inyección, acabado, lugar de operación, y los nombres de los que realizan y aprueban el proceso. En la columna “actual” viene el número de etapas que intervienen en el proceso. Se debe aclarar que lo que se está analizando es el recorrido de los materiales mas no el tiempo de operación.

Como observaciones principales se tiene:

- La línea formada por los puntos en cada actividad es irregular.
- Los transportes y almacenamientos son las actividades que hacen que la línea sea irregular.

### **Análisis del proceso de producción de los artículos de plástico con materia prima virgen.**

El diagrama de este proceso se tiene en la Fig. 4.2 y en su composición de datos es similar a la del caso anterior, pero varía en algunas actividades que no se realizan en este proceso. Como observaciones principales tenemos:

- Básicamente existen las mismas irregularidades que en el caso anterior, ocasionadas por transportes y almacenamientos.

CURSO GRAMA ANALÍTICO		OPERARIO /MATERIAL/EQUIPO							
DIAGRAMA NO: 1 HOJA NO: 1		RESUMEN							
OBJETO: Artículos de plástico reciclado		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA				
ACTIVIDAD: Transportar materia prima, seleccionar, limpiar, pigmentar, inyectar, dar acabado, empacar y almacenar.  Se tomara en cuenta para un saco de materia prima de 25 kg.		OPERACIÓN	6						
		TRASPORTE	1						
		ESPERA	9						
		INSPECCIÓN							
		ALMACENAJE	4						
		DISTANCIA:	31						
MÉTODO: Actual		TIEMPO (HRS.-HOM):							
OPERARIO(S): FICHA NUM.:		COSTO:							
COMPUESTO POR: APROBADO POR :		FECHA: FECHA:	TOTAL:						
DESCRIPCIÓN	CAN-TI-DAD [pz]	DIS-TAN-CIA [m]	TIEM-PO [min]	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
				○	◻	D	□	▽	
Llegada de camión con materia prima									
Descarga del camión al almacén		5							
Se transporte para seleccionar									
Selecciona el material			1						
Se desplaza al mueble donde se limpia		2							
Se limpia el material			45						
Se transporta a espacio designado a material limpio		2							
Se almacena en espacio designado a material limpio									
Se transporta a la pigmetadora		3							
Se pigmenta el material			15						
Se transporta a un espacio destinado al material listo para inyectar		3							
Se almacena en espera de ser inyectado									
Se transporta a la maquina inyectora		2							
Se inyecta			90						
Se inspecciona									
Se le da un acabado									
Se transporta a empaque		10							
Se empaca			30						
Se transporta espacio de producto terminado		4							
Se almacena en espera de ser entregado.									
TOTAL:		31	181						

Fig. 4.1 Cursograma analítico: piezas fabricadas con material reciclado.



Por otra parte se analizara el diagrama de recorridos de materiales, en el cual se presenta en un plano a escala de la empresa con sus maquinas y todas las áreas o zonas de trabajo indicados en sus respectivos lugares. Y basados en las observaciones hechas en la empresa, se presentan los movimientos de los materiales, piezas o productos, utilizando los símbolos de los cursogramas para indicar las actividades que se efectúan en los diversos puntos del proceso.

### **Diagrama de recorridos de las piezas fabricadas con material reciclado.**

El diagrama se muestra en la Fig. 4.3. Como comentarios de este diagrama podemos decir:

- La disponibilidad de los moldes entorpece el proceso
- Hay mucho cruce en los recorridos de la materia prima en el proceso.
- El área donde se selecciona, prepara y fabrican las piezas es reducido y ésto entorpece la operación,
- El almacenamiento de producto terminado, producto en proceso y materia prima no tienen un lugar específico.
- Hay mucho espacio desaprovechado que podría ser útil para agilizar el proceso.

### **Diagrama de recorridos de las piezas fabricadas con material virgen.**

En la Fig. 4.4 se presenta el diagrama de recorrido de materiales para la elaboración de productos con material virgen, de su observación se comenta lo siguiente:

- Aunque existe menos cruces en el proceso productivo, las inapropiadas áreas de almacenamiento siguen siendo un obstáculo para agilizar y hacer más cómodo el trabajo.
- En éste, como en el caso anterior, el almacenamiento de producto terminado es en el segundo piso y para trasportarlo al camión que hará la entrega hay que pasar de nuevo por toda la línea de producción.

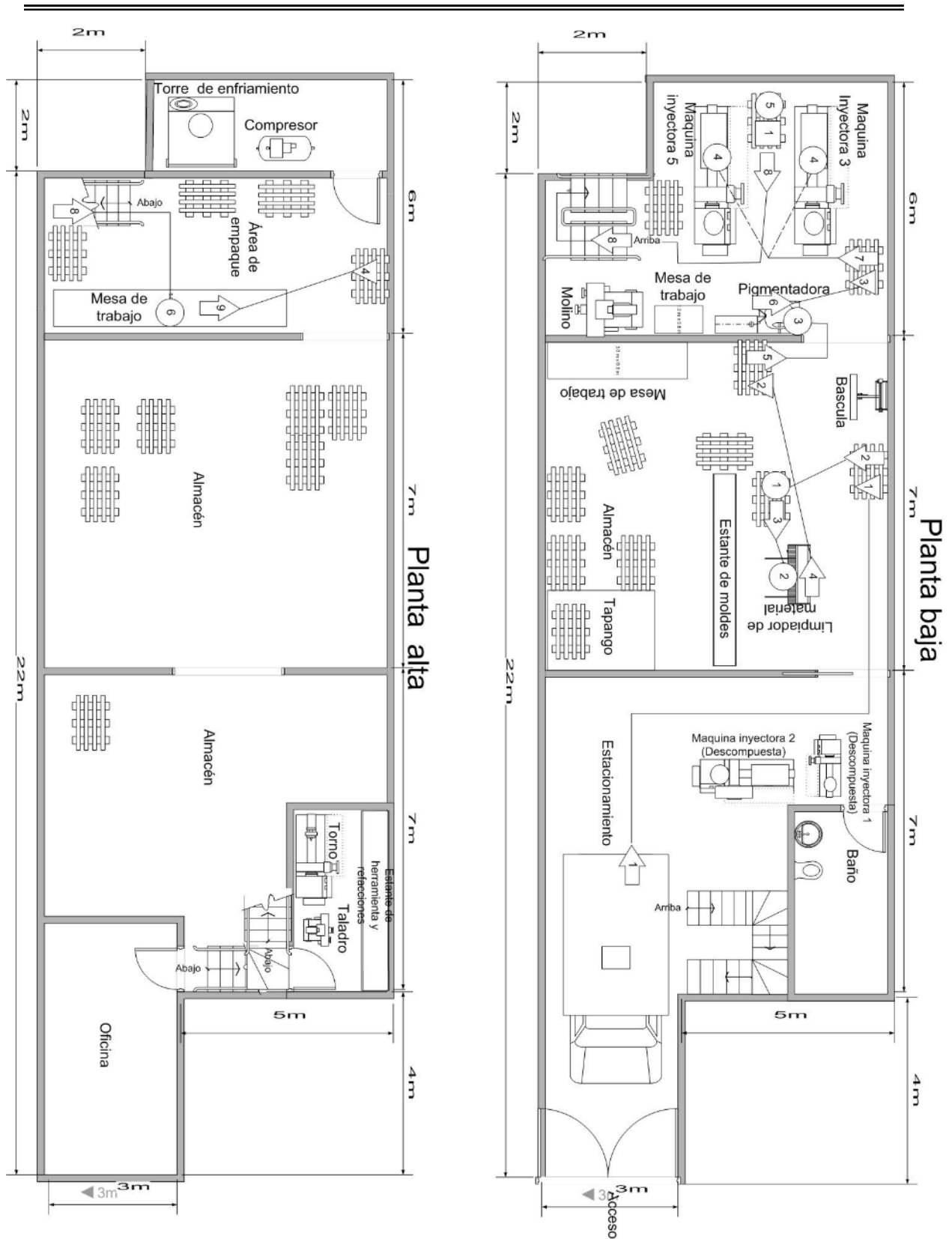


Fig. 4.3 Diagrama de recorrido de la producción de artículos con material reciclado.

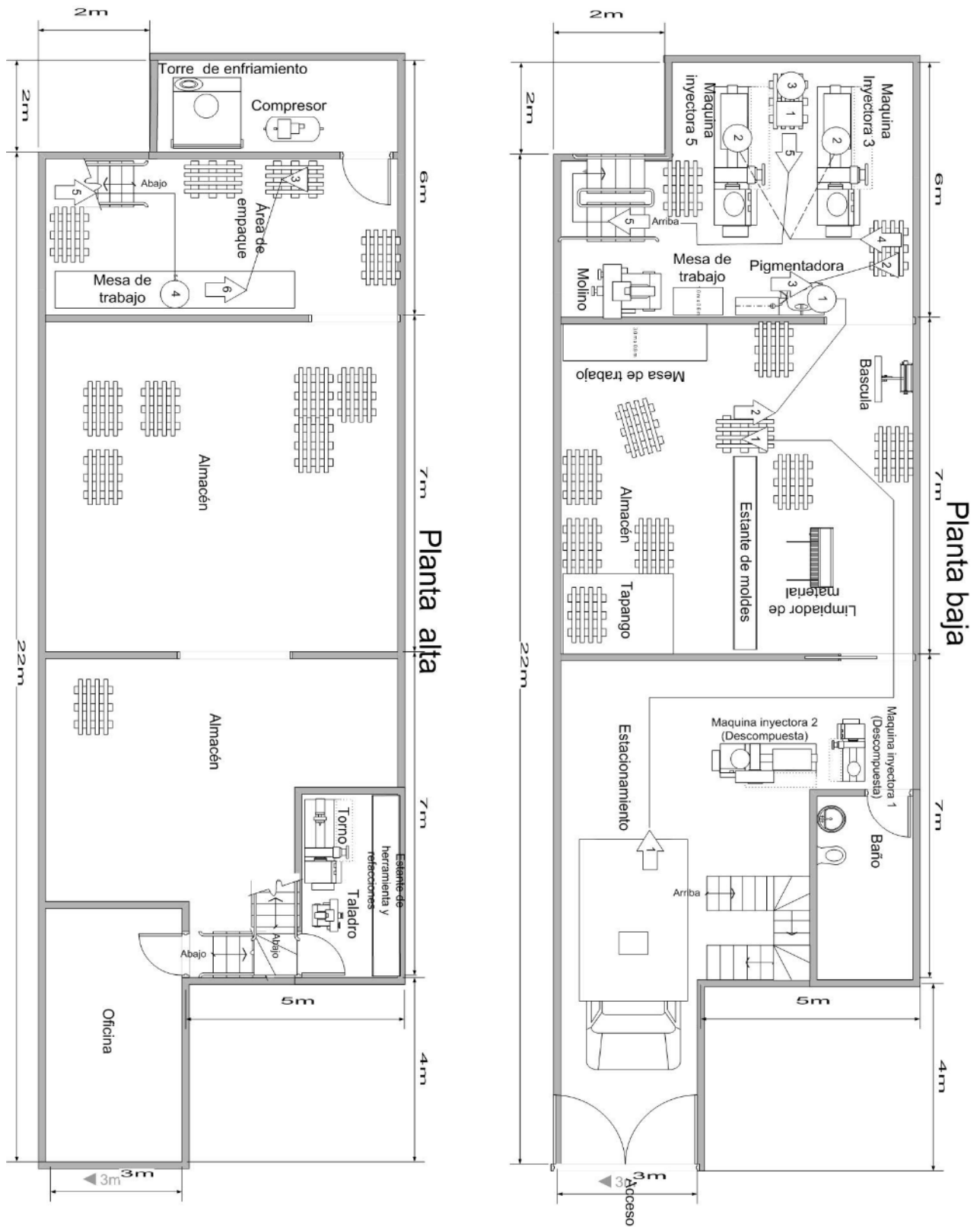


Fig. 4.4 Diagrama de recorrido de la producción de artículos con material virgen.

### IV.3 ANÁLISIS DE LAS ÁREAS MÁS SIGNIFICATIVAS DE LA EMPRESA

Una herramienta de la que se hará uso es el diagnóstico industrial; que se trata de una metodología de investigación industrial, muy útil e ideal para el estudio de todos los factores que componen una empresa, tales como los fenómenos económicos y de análisis de productividad, y como resultado se puede obtener el desarrollo de nuevos proyectos y el buen monitoreo de las actividades empresariales.

Se basa en dos factores de operación, son: el interno que se refiere a la operación de la empresa, es decir, el manejo de sus recursos en la parte operativa y el externo, que tiene que ver con el comportamiento del mercado de productos e insumos y con la capacidad de adaptación de la empresa a los cambios que se presentan en el mercado.

Mediante el análisis factorial y casual se determinarán las limitaciones o anomalías de la empresa en los siguientes pasos:

- 1) Se dividirá la actividad estudiada en funciones y a su vez estas funciones se descompondrán en factores o componentes las cuales determinan las relaciones o influencias que tienen una sobre otra o incluso sobre estas mismas
- 2) Se elaborará una escala que representa el grado de satisfacción de cada factor, desde cero para la carencia total del mismo, hasta 1.00 para la completa satisfacción.

- a) Aceptable            1.00
- b) Limitado             0.50
- c) No aceptable        0.25
- d) Inexistente         0.00

Para el caso en estudio no se aplicará la escala d (inexistente)

- 3) Se evaluará el factor, examinando la tendencia, dirección y precisión del indicador, para darle un grado de satisfacción, y se señalará con una cruz la columna que corresponde a la escala, como en el siguiente ejemplo.

	a	b	c
A. Desarrollo tecnológico.			X
B. Desarrollo económico.	X		
C. Tendencias económicas.		X	
D. Correlación con la competencia.			X

Cuando el factor analizado tenga limitación, o sea, cuando se marca la columna (b) o (c), se buscará en función de que factor o componente se encuentra la causa de dicha limitación. Se utilizará una columna mas (**L**) para el numero de este factor limitante.

**Análisis.**

Las diferentes limitaciones o problemas que existen se determinan mejor si se enfocan a las áreas más representativas del sistema operativo de la empresa, las cuales se enumeraran para referirse a ellas sólo con su número correspondiente y así sea más fácil identificarlas en el análisis. Los incisos que se consideran son los que la misma técnica sugiere.

La numeración de las áreas más representativas del sistema operativo es:

- 1 Medio ambiente.
- 2 Productos
- 3 Suministros.
- 4 Personal.
- 5 Medios de producción.
- 6 Actividad productora.
- 7 Política y dirección.

1) Medio ambiente

- a) Desarrollo tecnológico
- b) Desarrollo económico
- c) Tendencia económica
- d) Fuerza competitiva

a	b	c	L
	X		7
	X		7
	X		1
	X		2
0	4	0	4

2) Producto

- a) Fuerza competitiva
- b) Rentabilidad del producto
- c) Calidad del producto
- d) Aceptación del producto

a	b	c	L
		X	2
	X		3
	X		2
	X		2
0	3	1	4

3) Suministros

- a) Nivel de inventarios
- b) Movilidad de inventarios
- c) Importancia de los suministros
- d) Rotación de materiales

a	b	c	L
		X	7
	X		6
	X		7
	X		6
0	3	1	4



4) Personal

- a) H-H trabajadas
- b) Salario medio
- c) Productividad del personal
- d) Puntualidad y asiduidad
- e) Seguridad del trabajo
- f) Proporción de los obreros
- g) Horas de trabajo

a	b	c	L
	X		6
	X		7
	X		4
		X	1
		X	7
	X		6
	X		7
0	5	2	7

5) Medios de producción

- a) Productividad de los medios
- b) Mantenimiento
- c) Eficiencia del mantenimiento
- d) Grado de mecanización

a	b	c	L
		X	7
		X	7
		X	7
		X	2
0	0	4	4

6) Actividad productora

- a) Mano de obra
- b) Tiempo productivo
- c) Nivel de los almacenes
- d) Entrega de los suministros
- e) Grado de mecanización
- f) Capacidad productiva
- g) Utilización de los materiales
- h) Eficiencias de inspección

a	b	c	L
	X		6
	X		6
		X	2
	X		7
	X		2
		X	5
X		X	6
		X	7
1	4	3	8

7) Política y dirección

- a) Dirección
- b) Rentabilidad de las ventas
- c) Rentabilidad de la empresa
- d) Rentabilidad de las fuerzas de trabajo

a	b	c	L
	X		7
	X		2
	X		5
	X		7
0	4	0	4

Ahora se presenta el cálculo de la eficiencia, deficiencia y porcentaje de influencia limitante de cada función.

### 1) MEDIO AMBIENTE

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 4(0.5)}{4} = 0.5$$

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.5 = 0.5$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 1} = (0.5)^1 = 0.5$$

$$\text{Función 2} = (0.5)^1 = 0.5$$

$$\text{Función 7} = (0.5)^2 = 1$$

### 2) PRODUCTO

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 3(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.4375$$

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.4375 = 0.5625$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 2} = (0.25)^1 = 0.25$$

$$\text{Función 2} = (0.5)^2 = 1$$

$$\text{Función 3} = (0.5)^1 = 0.5$$

### 3) SUMINISTROS

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 3(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.4375$$

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.4375 = 0.5625$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 6} = (0.5)^2 = 1$$

$$\text{Función 7} = (0.25)^1 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = (0.5)^1 = 0.5$$

#### 4) PERSONAL

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 5(0.5) + 2(0.25)}{7} = 0.4285$$

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.4285 = 0.5714$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{7} = 0.1428$$

$$\text{Función 1} = (0.25)1 = 0.25$$

$$\text{Función 4} = (0.5)1 = 0.5$$

$$\text{Función 6} = (0.5)2 = 1$$

$$\text{Función 7} = (0.25)1 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = (0.5)2 = 1$$

#### 5) MEDIOS DE PRODUCCIÓN

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 4(0.25)}{4} = 0.25$$

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.25 = 0.25$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 2} = (0.25)1 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = (0.25)3 = 0.75$$

#### 6) ACTIVIDAD PRODUCTORA

$$\text{Eficiencia} = \frac{1(1) + 4(0.5) + 3(0.25)}{8} = 0.4462$$

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.4462 = 0.5537$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{8} = 0.125$$

$$\text{Función 2} = (0.25)1 = 0.25$$

$$\text{Función 2} = (0.5)1 = 0.5$$

$$\text{Función 5} = (0.25)1 = 0.25$$

$$\text{Función 6} = (0.5)2 = 1$$

$$\text{Función 6} = (1)1 = 1$$

$$\text{Función 7} = (0.25)1 = 0.25$$

$$\text{Función 7} = (0.5)2 = 1$$

7) POLÍTICA Y DIRECCIÓN

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 4(0.5)}{4} = 0.5$$

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.5 = 0.5$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 2} = (0.5)^1 = 0.5$$

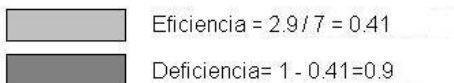
$$\text{Función 5} = (0.5)^1 = 0.5$$

$$\text{Función 7} = (0.5)^2 = 1$$

En la tabla 4.1 se presentan los resultados de la evaluación.

**Tabla 4.1 Grafica de valores limitantes**

FACTOR		EFICIENCIA										CAUSA							
No.	eficiencia	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	2	3	4	5	6	7	
1	0.5											0.5	0.5						1
2	0.4375											1.25		0.5					
3	0.4375																	1	0.75
4	0.4285											0.25			0.5			1	1.25
5	0.25												0.25						0.75
6	0.4462												0.75			0.25	2	1.25	
7	0.5												0.5			0.5			1
$\Sigma$	2.9											2	2.25	0.5	0.5	0.75	4	6	



El porcentaje de influencia limitante en la empresa se obtiene sumando los totales de cada columna de causas.

$$2 + 2.25 + 0.5 + 0.5 + 0.75 + 4 + 6 = 16$$

Para calcular el porcentaje relativo de cada factor se divide el porcentaje de cada renglón entre la suma de cada columna. La matriz de información se muestra en la Tabla 4.2

$$0.5 / 2 = 0.25$$

$$1.25 / 2 = 0.635$$

$$0.25 / 2 = 0.125$$

etc.

**Tabla 4.2 Matriz de información**

	Factores limitantes (causas)							
	1	2	3	4	5	6	7	
Factores limitados	1	0.25	0.2	0	0	0	0	0.16
	2	0.635	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0.25	0.125
	4	0.125	0	0	1	0	0.25	0.2083
	5	0	0.1	0	0	0	0	0.125
	6	0	0.3	0	0	0.3333	0.5	0.2083
	7	0	0.2	0	0	0.6666	0	0.1666

En base a los resultados del análisis anterior se presentan los factores por orden de importancia en su deficiencia.

Factor 5 Medios de producción

Factor 6 Actividad productora

Factor 2 Producto

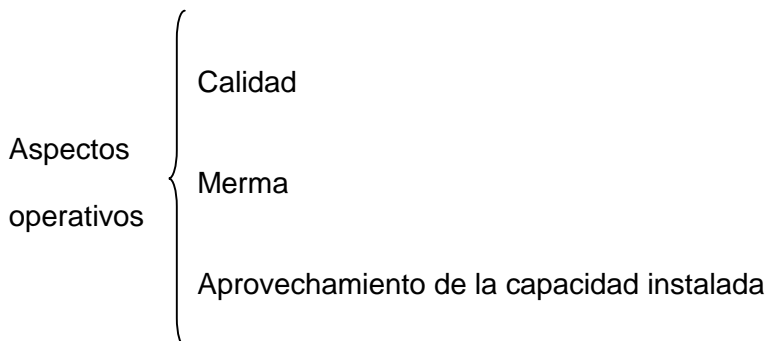
Factor 4 Personal

Factor 3 Suministros

#### IV.4 ANÁLISIS DE CAUSA Y EFECTO EN EL SISTEMA OPERATIVO DE LA EMPRESA

##### ANALISI FODA

Una vez realizado el análisis a las áreas más significativas del sistema operativo de la empresa y en base a los resultados obtenidos, se profundiza el análisis de los medios de producción, se realizará el análisis FODA de este, tomando en cuenta tres aspectos operativos claves para la optimización de la productividad:



En las tablas 4.3, 4.4, y 4.5 se presenta el análisis FODA de la calidad, la merma y el aprovechamiento de la capacidad instalada respectivamente.

**Tabla 4.3 Análisis FODA para la calidad**

Dentro de la fabricación		Fuera de la fabricación, pero dentro de la empresa	
Fuerzas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
Las piezas que se fabrican no requieren un proceso complejo para obtener un nivel de calidad aceptable.	No hay un buen control de calidad ni de producción.	Hay disponibilidad de los trabajadores por mejorar la calidad.	No existe un lugar predeterminado permanente para producto terminado.
El mismo proceso de inyección y la maquinaria ofrecen un grado aceptable de calidad.	No se cuentan con formatos de control de calidad, ni diagramas de auto ayuda para cumplir los estándares de calidad.		Los moldes no se resguardan adecuadamente, existe la posibilidad de que se dañen las cavidades.
Todos los moldes están en buen estado.	La materia prima reciclada no es de buena calidad dado que viene muy contaminada con todo tipo de materiales distintos al plástico.		Baja capacitación del personal.
El personal tiene empatía con el trabajo, y tiene un buen nivel de educación.			Deficiente mantenimiento de maquinaria.
Es fácil detectar defectos en las piezas fabricadas.	No hay un buen aseo en las áreas de trabajo.		Predomina el desorden en las áreas de trabajo.
	Hay deficiencia en el equipo mínimo necesario que los trabajadores deben de tener al trabajar.		Personal joven.

Tabla 4.4 Análisis FODA para la merma

Dentro de la fabricación		Fuera de la fabricación, pero dentro de la empresa	
Fuerzas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
Las piezas con material virgen presentan mínima merma.	La materia prima reciclada contiene muchos contaminantes como papel, metales y vidrio, que ocasionan anomalías en las máquinas y mucha merma.	Es posible limpiar el material reciclado antes de ser procesado.	Existe una baja capacitación al momento de reclutar al personal, el trabajador aprende mientras trabaja.
La merma que se obtiene es 100% reutilizable.	Existe un gran índice de merma en los artículos que se fabrican con material reciclado, dado que presentan manchas o se obtienen colores inadecuados por la calidad de este.	Los trabajadores se esfuerzan por aprender y sacar la menor merma posible.	Las máquinas de inyección cuentan solo con mantenimiento correctivo.
Es fácil detectar y corregir las causas que originan merma.	Se presentan piezas con malformaciones finales en su fabricación o con mucha rebaba, algunas a causa del continuo desajuste de las máquinas.		Las máquinas no son reparadas adecuadamente.
	No hay una supervisión continua que detecte rápidamente cuando las piezas empiezan a salir mal.		
	Cuando se requiere cambiar un molde para fabricar otro producto, esta operación se puede llevar hasta 2 hrs. Y es muy tardado ajustar los parámetros de la máquina para el producto que se pretende fabricar, en ese lapso hay merma.		

Tabla 4.5 Análisis FODA para el aprovechamiento de la capacidad instalada

Dentro de la fabricación		Fuera de la fabricación, pero dentro de la empresa	
Fuerzas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
Se cuenta con todo el equipo necesario para trabajar adecuadamente.	Las máquinas de inyección cuentan solo con mantenimiento correctivo y en ocasiones provisional.	Se cuenta con una preparación para un buen mantenimiento de todo el equipo.	Existe un lugar específico para los moldes pero como pesan mucho y es un poco difícil moverlos no se utiliza este adecuadamente.
La maquinaria se encuentra relativamente en buen estado.	Existen dos maquinas de inyección que llevan más de 2 años descompuestas, ocasionando reducción de espacio y deterioro en dicho equipo	Hay espacio e infraestructura para optimizar procesos.	No cuenta con extintores y el personal no cuenta con capacitación para afrontar algún siniestro.
		Herramental y reparaciones económicas.	
La maquinaria es capaz de satisfacer la demanda actual.	La instalación eléctrica es deficiente existen cables colgando por doquier, representando un riesgo que puede ocasionar un corto circuito o accidente.	No se paga renta por ningún equipo ni por el inmueble	El suministro de energía eléctrica es deficiente en horas pico, y la empresa no esta debidamente aislada de los factores ambientales como el polvo y el viento.
		Hay demanda.	
Se cuenta con buena instalación de agua.	No hay una buena distribución de planta.		Por lo general la demanda sobrepasa a la producción por fallas en el proceso.
Se cuenta con espacio suficiente para trabajar.	La iluminación en ciertos sectores de la empresa es deficiente		Existen muchos tiempos muertos causados por fallas en el equipo.
	No se aprovechan ni se respetan los espacios destinados para cada cosa.		No hay metas de producción.
			En temporada de lluvias la capacidad instalada de la empresa es vulnerable.

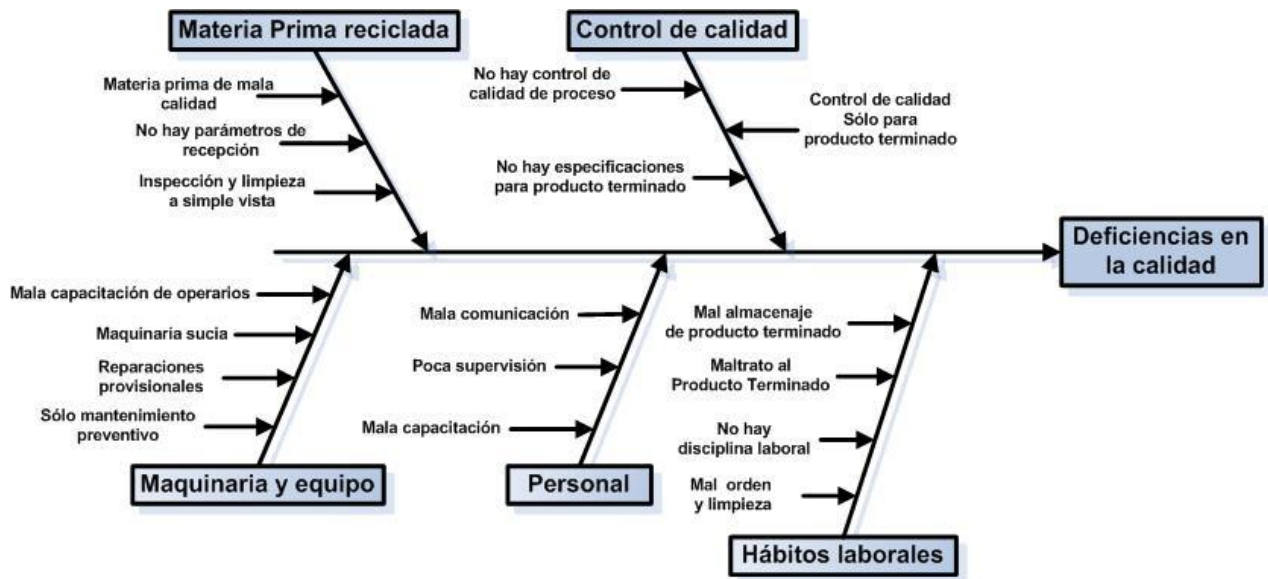


El análisis FODA nos deja ver de manera muy sencilla pero concisa la situación en la que se desenvuelve el proceso operativo de la empresa, con sus fuerzas y debilidades siendo estas últimas las que predominan. Por otra parte, sus amenazas en comparación a las oportunidades son mayores. A continuación se presenta los diagramas de Ishikahua para los tres aspectos operativos analizados con FODA.

## ANALISI ISHIKAWA

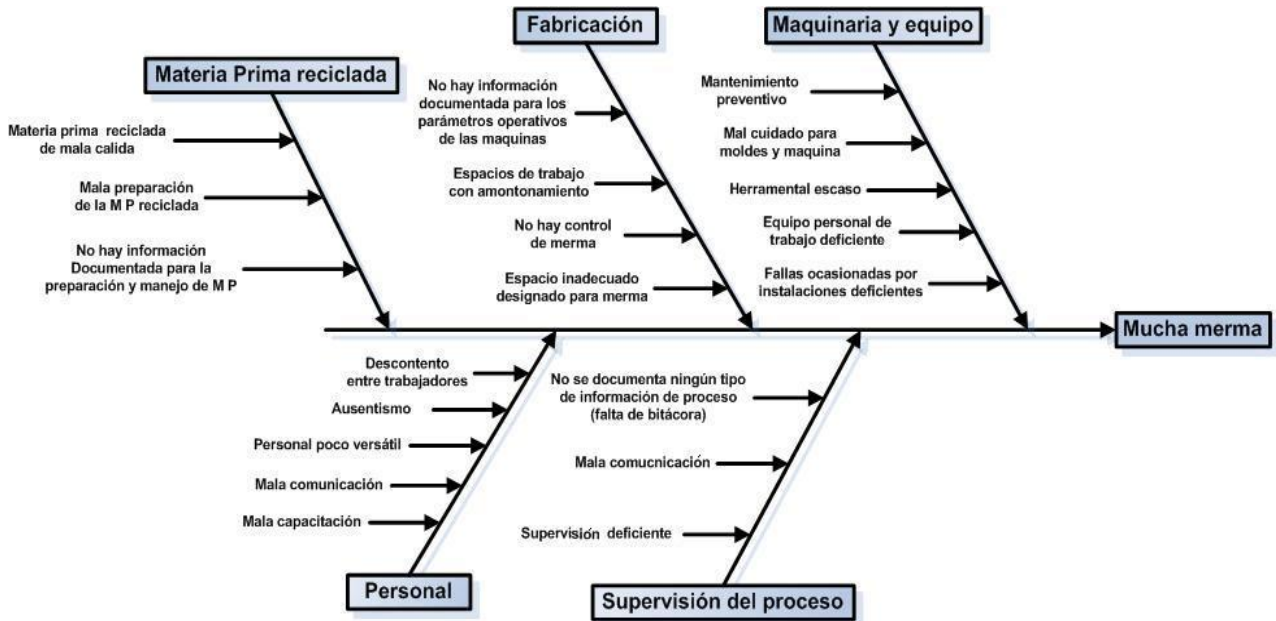
En las figuras 4.5, 4.6 y 4.7 se usan diagramas Ishikawa o de pescado para presenta de manera concisa y de forma general las causas y efectos del las deficiencias del proceso operativo de la empresa en sus tres factores principales que son; la calidad, el control de merma y la utilización de la capacidad instalada respectivamente.

Figura 4.5 diagrama Ishikawa para la calidad



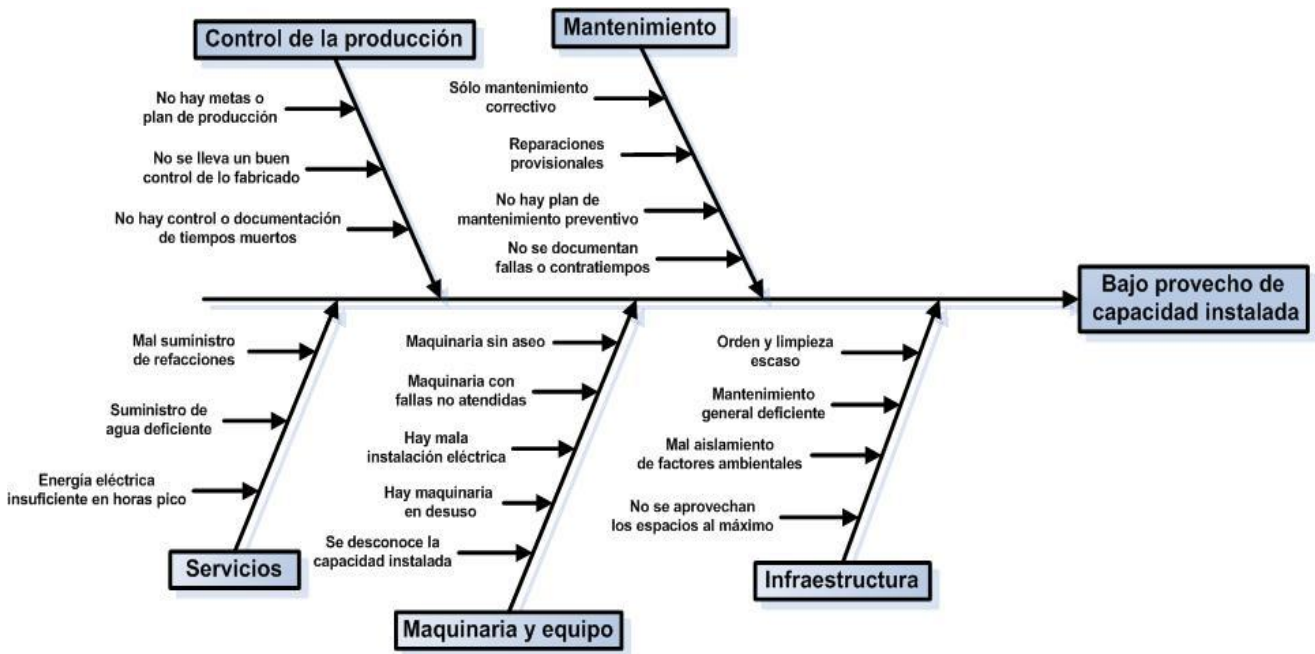
Se pueden apreciar los principales problemas causales existentes en el proceso operativo y que tienen como efecto deficiencias en la calidad

Figura 4.6 diagrama Ishikawa de la merma



Como en el caso anterior existen muchas causas que originan que la empresa tenga mucha merma, en el diagrama anterior se citan los problemas más representativos.

Figura 4.7 diagrama Ishikawa de la utilización de la capacidad instalada



#### IV.5 PRODUCCIÓN ACTUAL

Dado que no hay registros formales de producción en la empresa y que se fabrican diversos artículos, en este apartado se tratara de estimar la producción que es capaz de fabricar la empresa, utilizando datos de las capacidades de producción de las máquinas y los tiempos que se demora la fabricación de una pieza. La única certeza que se tiene es que la merma de producción de piezas inyectadas es aproximada al 30%. Con estos datos y algunos otros que la empresa proporciona, se calculara la producción y el índice aproximado de pérdidas económicas que la empresa sufre a consecuencia de la merma y fallas operativas.

En promedio sea cual fuese la pieza que se fabrica, una maquina (cualquiera que sea), se demora 28 segundos en producir una pieza.

Calculando la producción de un turno de ocho horas se tiene lo siguiente:

Un turno de 8 hrs. es a 28800 segundos, Si se fabrica una pieza en 28 segundos, entonces en un turno se fabrica el cociente de:

$$\frac{28800}{28} = 1028.57;$$

Que es aproximadamente 1028 piezas en una máquina en ocho horas.

Si son 3 turnos los que se trabajan se tiene:

1028 pz x 3 turnos = 3084 pz, que son las piezas de un día de trabajo en una máquina.

Ahora ; Sí son 4 máquinas con las que se cuenta, se tiene:

3084 pz. x 4 maqs. = 12336pz; que son las piezas que fabrican las 4 máquinas en un día, pero como la empresa trabaja de lunes a vienes las 24 horas y el sábado medio día se tiene el siguiente:

12336 pz x 5 días = 61680pz; que es la producción que se debe de obtener de lunes a vienes,

Si se fabrican en las 4 máquinas 514 pz. en una hora, entonces esta cantidad se multiplica por 18 hrs que son las que se trabajan el sábado y se obtiene :

514 pz x 18 hrs = 9252 pz que son las piezas del sábado, al sumar esto con las del resto de la semana, se obtiene la producción total estimada de una semana, la cual es:

61680 pz+9252 pz=70932 pz semanales si se trabaja al 100% y sin interrupciones.

Si se toma en consideración tiempos muertos en cambios de molde (que no son muy seguidos) y cambios de color en piezas, se puede dar un margen de más menos 1500 pz, eso da un resultado de 69432. pz.

Entonces 69432 pz por semana contemplando tiempos muertos inevitables, pero como ya se menciono anteriormente, el índice de merma alcanza un 30%, si a esta producción semanal se le quita un 30% se tiene que:

El 30% de merma en 69432 pz = 20829. pz. Que son las piezas estimadas de merma a la semana. Entonces, haciendo la diferencia de la producción menos la merma nos queda:

$69432 \text{ pz} - 20829 \text{ pz de merma} = 48603 \text{ pz}$  a la semana de producción actual.

Resumiendo:

Producción semanal al 100% sin tiempos muertos con las 4 maquinas: 70932 pz

Producción semanal estimando tiempos muertos inevitables: 69432 pz

Cantidad de merma semanal en piezas según el índice actual: 20829 pz

Piezas reales fabricadas actualmente: 48603 pz

***Como ya se menciona la empresa no cuenta con cifras de producción exactas documentadas, y la merma es estimada por los mismos operadores y supervisores de producción, este sencillo análisis es una estimación aproximada de lo que sucede en la producción.***

Por otra parte se tratara de estimar de manera muy sencilla las perdidas económicas a las que haciende el grado de merma que se maneja actualmente y el grado de afectación que tiene esta situación en el resto de la empresa, ésto con ayuda de datos proporcionados por personal de ventas de la empresa.

Si se considera que el precio promedio de la piezas fabricadas es de \$1.10

Y si se produjeran las 69432 pz semanales estimadas ya con tiempos muertos inevitables se tiene lo siguiente:

Monto de lo fabricado a la semana:  $69432 \text{ pz} \times \$ 1.1 = \$76375.2$

Ahora, si se calcula el monto de lo perdido por mermas se obtiene:

Monto de lo perdido a la semana:  $20829 \text{ pz} \times \$ 1.1 = \$22911.9$

Y entonces, el monto de la venta real por piezas buenas es el siguiente

Monto de lo vendido a la semana:  $\$76375.2 - \$22911.9 = \$53463.3$

Y analizando algunos datos extras de la empresa tenemos:

*Nomina semanal:* Hay 15 personas que componen la plantilla laboral, esta se estima en \$10500

*Inversión semanal en materia prima:* Si se inyectan 69432 Pz y cada una pesa en promedio 25g entonces se necesitaran 1735.8 Kg. de material, y si el kilo cuesta en promedio \$18 se tiene que se necesita invertir \$31244.4

Entonces sumando los dos gastos más importantes que tiene la empresa queda lo siguiente:

$\$10500 + \$31244.4 = \$41744,4$  que es la cantidad semanal que forzosamente la empresa debe invertir.

Después de descontar este monto al monto de lo vendido, sobran \$11718.9 semanales, que serán destinado a otros gastos de la empresa como Luz, Agua, pigmentos y otros aditivos, refacciones para máquinas y camionetas, transporte, papelería, etc.

#### **IV.6 OBSERVACIONES**

Una vez realizados todos los análisis planteados en este capítulo, y después de haber detectado cuales son las causas que originan los problemas que limitan la productividad de la empresa, se pueden tomar decisiones para atender estas causas y limitantes con la intención de lograr una optimización en la productividad de la empresa.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA DE MEJORA**

Proponer cambios que ayuden a alcanzar los objetivos productivos de la empresa, lo que se pretende es proponer un planteamiento integral de solución a los problemas que se presentan en el proceso operativo.

## V.1 INTRODUCCIÓN

En una empresa todos los elementos que la conforman son importantes, si alguno de estos tiene fallas o deficiencias, las consecuencias se reflejan en el funcionamiento de todos los demás y por ende de toda la empresa.

Los cambios que se sugieren son propuestas que están al alcance de la empresa, que a su vez requieran de una mínima inversión y al mismo tiempo aprovechen todos los recursos con los que en estos momentos cuentan.

En este capítulo se sugieren dos conceptos para la propuesta de mejora, ligado un del otro, con el fin de atender la problemática del proceso operativo de la empresa. Primero se determinaran los objetivos de producción tomando en cuenta las capacidades de la empresa y después se propondrá un planteamiento integral de solución a los problemas operativos con el fin de alcanzar los objetivos.

## V.2 OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN

Se enuncian de manera general para alcanzar buenos niveles de producción, y dichos objetivos son destinados para corregir merma calidad y aprovechamiento de capacidad instalada

- Cumplir en tiempo y forma las demandas del mercado. Independientemente del tiempo con el que está cuenta para realizarlo, convirtiéndose en una empresa flexible con una buena capacidad de respuesta.
- Lograr un decremento del 90% en la producción de merma en un plazo no mayor a 4 meses, así mismo lograr incrementar el estándar de calidad de los productos, llevando un control semanal de la producción, controlando los inventarios y espacios de almacenamiento, y lograr un ambiente de trabajo agradable y un crecimiento en la empresa.
- Alcanzar un control de calidad capaz de detectar problemas en el proceso y en el producto terminado, que cuente con las siguientes características:
  - Detección en el requerimiento de ajuste de las máquinas.
  - Estableces parámetros de aceptación para materias primas.
  - Corregir el desempeño impropio de operario
  - Corregir el ajuste de las herramientas y reemplazar las que están mal
  - Toma de decisiones para mantener o cambiar aspectos en la producción, en las ventas, y en otros aspectos.
- Lograr que se diseñe y siga un plan de mantenimiento preventivo tanto para maquinas como para moldes.
- Lograr en plazo menor a un año que se haya corregido y reparado la totalidad de las instalaciones de luz y agua.

- Contar con un espacio designado a los moldes que garanticen su integridad física.
- Lograr que el personal cuente con la capacitación y adiestramiento para operar las máquinas sin riesgo alguno tanto para ellos como para el equipo. Contar con el instrumental que garantice que el trabajo, de operarios, y de mecánicos, se realice sin problemas ni retraso.
- Lograr que el 100% de los trabajadores cuente con todo el equipo necesario para su trabajo
- Que la empresa cuente con recursos humanos altamente calificados en términos de conocimiento, habilidades y actitudes para un mejor desempeño contando con las siguientes aptitudes:
  - Contar con el sentido de responsabilidad hacia la empresa a través de una mayor competitividad y conocimientos apropiados.
  - Lograr que se perfeccionen los empleados en el desempeño de sus puestos tanto actuales como futuros.
  - Lograr cambios en su comportamiento y mejorar las relaciones interpersonales entre todos los miembros de la empresa.

### **V.3 PLANTEAMIENTO INTEGRAL DE SOLUCIÓN.**

#### **V.3.1 SUGERENCIAS PARA LA POLÍTICA Y DIRECCIÓN**

Se citan algunas recomendaciones para alcanzar una política y dirección más sólida y con mayor control de la empresa.

- ⇒ Se requiere la creación de un organigrama coherente y que cumpla con los requerimientos de la empresa.
- ⇒ Definición de funciones
- ⇒ Diseñar un sistema de chequeo de entradas y salidas del personal, control de asistencia y puntualidad.
- ⇒ Capacitación del personal.
- ⇒ Realizar un levantamiento de los 2 procesos que realiza la empresa con el fin de documentarlos, para elaborar manuales de autoayuda y documentos de especificaciones que orienten y faciliten el trabajo al operador, en consecuencia, lograr una mejor toma de decisiones en caso de contingencias. Estudiar la posibilidad de contratar personal de intendencia, si no es factible esto, entonces formar comisiones de limpieza que se encarguen del aseo de la empresa.
- ⇒ Educar y motivar a personal a conservar la empresa limpia y en orden.
- ⇒ Realizar un estudio de los inventarios con los que cuenta la empresa tanto en producto terminado como en materia prima.



En la Fig. 5.1 se recomienda la posición que debe de tomar la dirección en la empresa.

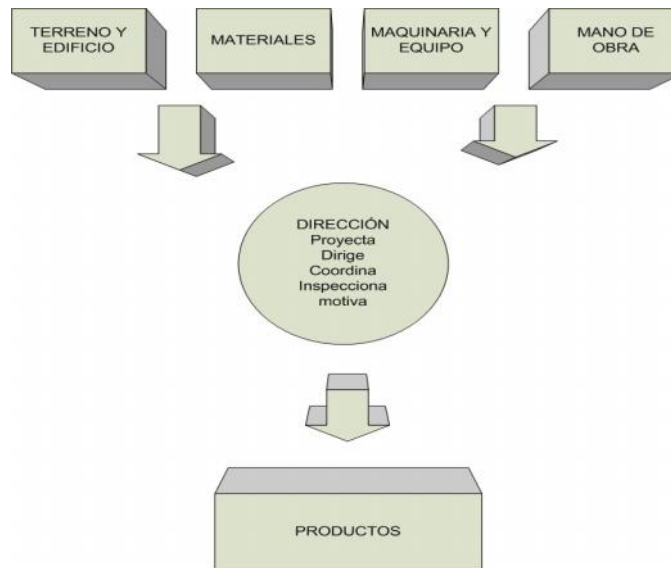


Fig. 5.1 Posición de la dirección de la empresa

### V.3.2 PROPUESTA PARA EL PROCESO PRODUCTIVO

Recomendaciones para el control de la producción y monitoreo de esta.

- ⇒ Utilizar un formato de control de la producción que sirva para documentar la producción realizada en determinado periodo de tiempo, dicha información sirve de mucho, pues se puede utilizar para hacer estimaciones, pronósticos, estudios económicos, capacidades de producción y de respuesta e índices de demanda promedio, por mencionar algunas.
- ⇒ Estudiar la situación de inventarios en la empresa pues resulta muy costoso mantener inventarios innecesarios.
- ⇒ Es conveniente que se realice un manual de procedimiento y documentos de auto ayuda, que orienten al trabajador y como consecuencia de esto se tenga una reducción en la merma e incremento en la calidad y eficiencia. Mas adelante en la Fig. 5.2 y 5.3 se proponen los diagramas de proceso con los que se intenta lograr una mayor productividad, y en la Fig. 5.4 y 5.5 se presentan los diagramas de recorrido propuestos para la producción tanto de los artículos de material reciclado como los de material virgen.
- ⇒ Es conveniente la elaboración e implantación de formatos de órdenes de producción, para orientar a los trabajadores a objetivos y metas de cada jornada. En la Fig 5.6 se presenta la propuesta de un formato de O.P. muy sencillo y fácil de entender que puede ayudar a resolver este problema.

- ⇒ Se propone la capacitación del personal por lo menos 4 veces al año, orientarle en su trabajo, darle consejos laborales y fomentar la comunicación confiable entre los diferentes estatus de la empresa.

Las siguientes son las estrategias que se sugieren para minimizar fallas en el proceso y reducir merma y aumentar la calidad.

- Primero se sugiere la limpieza y reparación de las fallas más frecuentes de las máquinas de inyección, tales como fugas en los cañones de inyección y de aceite, y así reducir riesgos de accidente y de fallas mas complejas.
- Se sugiere documentar cuales son las fallas mas frecuentes que tienen las máquinas de inyección y con que frecuencia, en base a ésto, y al plan de producción, diseñar un calendario de mantenimiento preventivo que no afecte la productividad de la empresa, se sugiere la utilización de un diagrama de Gant para este fin, una vez realizado este, ejecutarlo y mantener el hábito de reparación preventiva.
- Es necesario realizar un inventario de todos los equipos materiales y herramientas con los que cuenta la empresa, para tener un mayor control sobre éstos y frenar las perdidas o robos.
- Una vez realizado el inventario reordenar en base a la técnica de las 5 S's para controlar y ordenar lo que tiene la empresa en carácter de herramienta y refacciones.
- Realizar juntas con los trabajados y hacerles notar que el equipo que se encuentra es para el uso y beneficio de todos, que se debe de cuidar y colocar en su lugar al finalizar su turno.

CURSO GRAMA ANALÍTICO		MATERIAL							
DIAGRAMA NO: 1 HOJA NO: 1		RESUMEN							
OBJETO: Artículos de plástico reciclado		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA				
ACTIVIDAD: Trasportar materia prima, seleccionar, limpiar, pigmentar, inyectar, dar acabado, empacar y almacenar.  Se tomara en cuenta para un saco de materia prima de 25 kg.	OPERACIÓN		6	6	3				
	TRASPORTE		9	6					
	ESPERA								
	INSPECCIÓN		1	1					
	ALMACENAJE		4	2				2	
DISTANCIA:			31	29	2				
MÉTODO: Propuesto		TIEMPO (HRS.-HOM):							
OPERARIO(S):		COSTO:							
FICHA NUM.:		TOTAL:							
COMPUESTO POR:		FECHA:							
APROBADO POR:		FECHA:							
DESCRIPCIÓN	CAN-TI-DAD [pz]	DIS-TAN-CIA [m]	TIEM-PO [min]	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
				○	➔	D	□	▽	
Llegada de camión con materia prima									
Descargar al modulo de limpieza		5							
Se selecciona			1						
Se limpia			45						
Se transporta a la pigmentadora		8							
Se pigmenta			15						
Se transporta a un espacio destinado al material listo para inyectar		2							
Se almacena en espera de ser inyectado									
Se transporta a la máquina inyectora		2							
Se inyecta			90						
Se inspecciona									
Se le da un acabado									
Se transporta a empaque		6							
Se empaca			30						
Se transporta al espacio de producto terminado		6							
Se almacena en espera de ser entregado.									
TOTAL:		29	182						

Fig. 5.2 Cursograma analítico propuesto para artículos de material reciclado

CURSO GRAMA ANALÍTICO		MATERIAL							
DIAGRAMA NO: 1 HOJA NO: 1		RESUMEN							
OBJETO: Artículos de plástico virgen		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA				
ACTIVIDAD: trasportar materia prima, pigmentar, inyectar, dar acabado, empaçar y almacenar.  Se tomara en cuenta para un saco de materia prima de 25 kg.		OPERACIÓN ○	4	4					
		TRASPORTE □→	6	6					
		ESPERA D							
		INSPECCIÓN □	1	1					
		ALMACENAJE ▼	3	3					
		DISTANCIA:	28	24	4				
MÉTODO: propuesto		TIEMPO (HRS.-HOM):							
OPERARIO(S): FICHA NUM.:		COSTO:							
COMPUESTO POR: FECHA: APROBADO POR FECHA:		TOTAL:							
DESCRIPCIÓN	CAN-TI-DAD [pz]	DIS-TAN-CIA [m]	TIEM-PO [min]	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
				○	□→	D	□	▼	
Llegada de camión con materia prima									
Descarga del camión al almacén		5							
Se transporta a la pigmentadora		1							
Se pigmenta el material			15						
Se transporta a un espacio destinado al material listo para inyectar		2							
Se almacena en espera de ser inyectado									
Se transporta a la máquina inyectora		2							
Se inyecta			90						
Se inspecciona									
Se le da un acabado									
Se transporta a empaque		10							
Se empaça			30						
Se transporta al espacio de producto terminado		4							
Se almacena en espera de ser entregado.									
TOTAL:		24	125						

Fig. 5.3 Cursograma analítico propuesto para artículos de material virgen

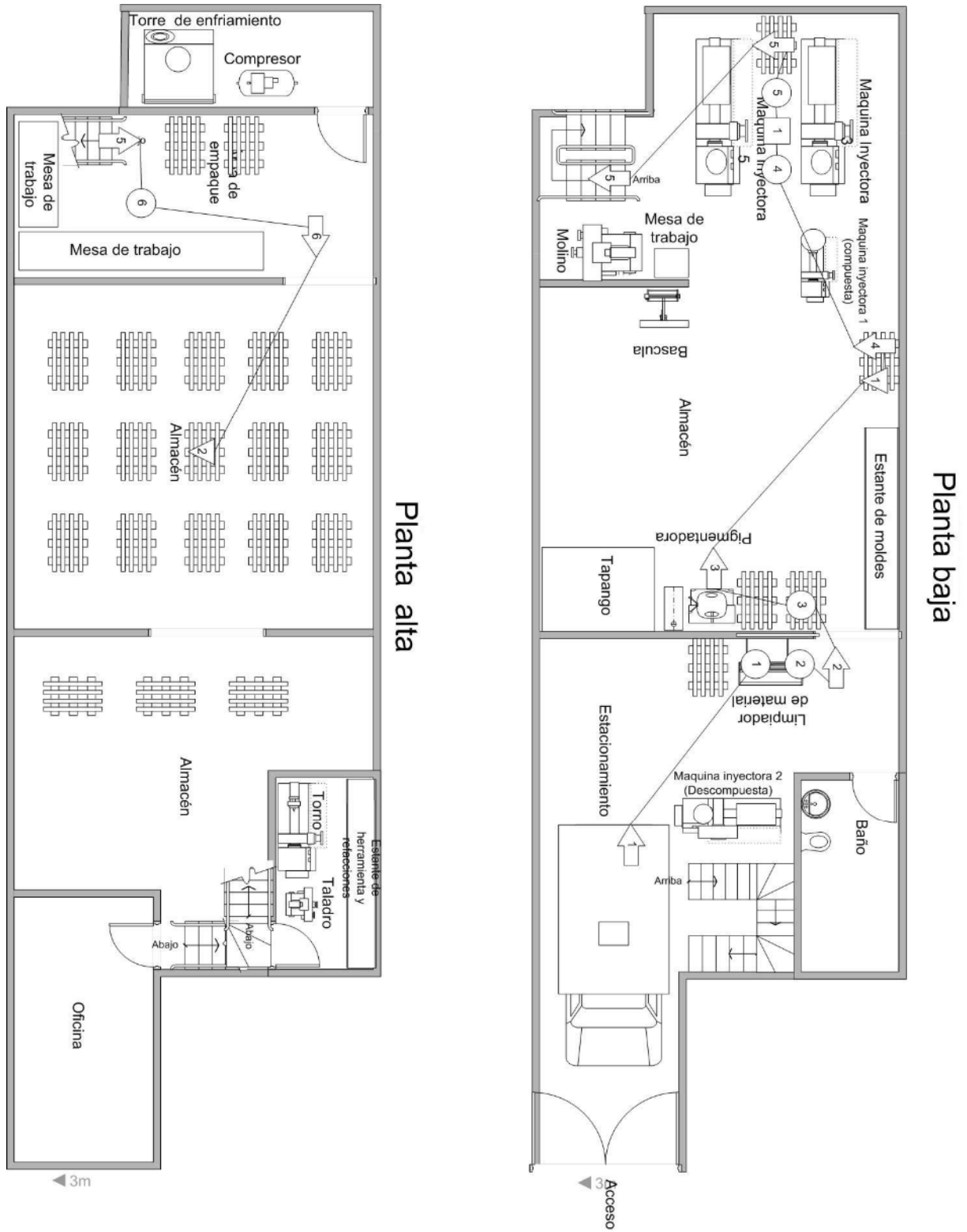


Fig. 5.4 Diagrama de recorrido propuesto para la producción de piezas de material reciclado

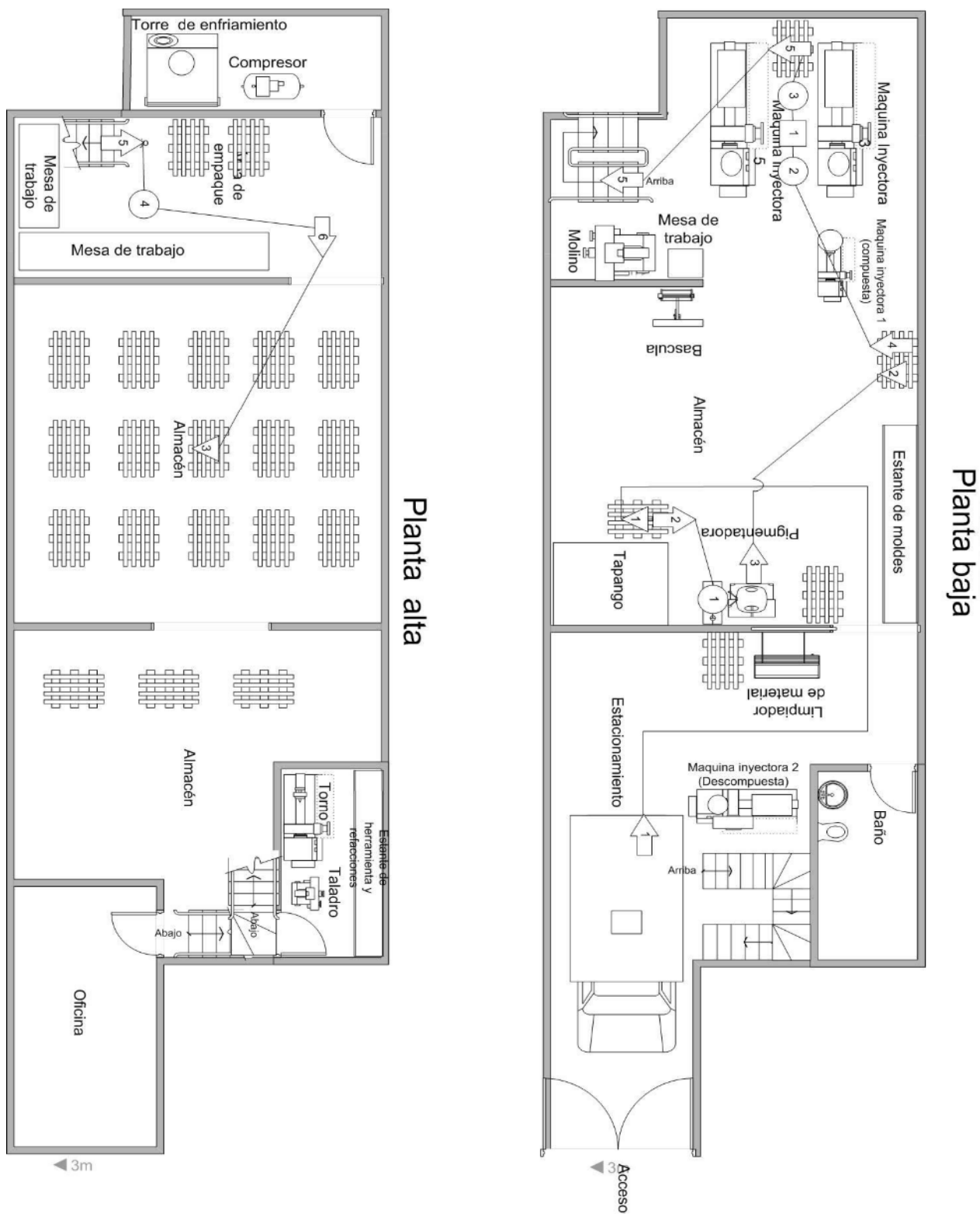


Fig. 5.5 Diagrama de recorrido propuesto para la producción de piezas de material virgen

## NOMBRE DE LA EMPRESA

<b>ORDEN DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>CLIENTE</b>		<b>FECHA</b>
<b>Código</b>	<b>PRODUCTO A FABRICAR</b>	<b>Cantidad</b>	<b>U/M</b>
			PIEZAS
			CAJAS
			TARIMAS
			<b>O. de P. No.</b>
			<b>Lote</b>

## MATERIALES

Código producto	Descripción	Cantidad Req.	U/M	No. De Lote	Cantidad Surtida1	Cantidad Surtida 2	Cantidad Surtida 3

Vo. Bo. Arranque de prod. \_\_\_\_\_ Entrega de material: Surtida 1   
 Surtida 2   
 Surtida 3

Vo. Bo. C.C. \_\_\_\_\_ Entrega de material: Surtida 1   
 Surtida 2   
 Surtida 3

## PRODUCCIÓN

No. de entrega	Producción aprobada	Producción rechazada	Producción cuarentena	Merma	Total producción	Nombre de supervisor

TOTAL: \_\_\_\_\_  
 Vo. Bo. Cierre de orden de producción \_\_\_\_\_

**Comentarios**

**No. Lote:** Día Juliano/Año/"empresa"/Material  
**No Orden de producción:** Área/Semana/Descripción de orden/Consecutivo  
**Departamento:** 1- inyección, 2-empaque

**Descripción de orden:** 00-original 01,02,03...- Adicional, BO - Back Order

Control de producción  
Nombre y firma

**Fig. 5.6 Formato de orden de producción**

### V.3.3 PROPUESTA PARA LA CALIDAD

#### FALTA DE SUMINISTROS

La principal materia prima de la empresa es el polipropileno, el poliestireno y el polietileno, junto con el material de empaque necesario cartón corrugado bolsas y cinta tape. La empresa no tiene problemas graves de suministros, ya que nunca se ha dejado de trabajar por falta de materia prima, en ocasiones pequeñas pausas debido a la falta de organización, pero para no caer en situaciones así, se sugiere lo siguiente:

- Se recomienda la asignación de un lugar definitivo para el almacenaje de la materia prima.
- Y la implantación de algún sistema de control de inventarios para monitorear la materia existente y así poder estimar la materia que se solicitara en un futuro
- Indicar puntos de reorden en el inventario que garanticen la continuidad del proceso
- Establecer periodos de baja y alta demanda en base a referencias históricas de esta, para poder estimar mejor los suministros necesarios.
- Es muy importante la investigación de nuevos proveedores tanto de material reciclado como de virgen, dado que ahora se cuenta con sólo 2 para cada uno, haciendo que sea vulnerable el tema de los suministros, pues si la empresa incrementa su demanda éstos proveedores no se darán abasto para surtir material, en la actualidad no se han presentado problemas de este tipo, pero empiezan a presentarse situaciones eventuales que sugieren la búsqueda de más proveedores para evitar escasez de materia prima.

#### SUGERENCIAS PARA LA CALIDAD

Para la empresa se siguieren dos tipos de control de calidad en los productos:

**Calidad por atributos:** que juzgarán si son aceptables o defectuosos partes y productos, o cumple con un estándar o no lo cumple.

**Calidad por variables:** implica la comprobación de características físicas tanto geométricas como visuales de los productos, debe estar acorde con una variable de referencia o de acuerdo a las requisiciones del cliente.

Para lograr una inspección y control de calidad efectivas, el primer paso es determinar las normas, especificaciones o características deseadas del proceso y artículo que se produce. Esta información puede estar contenida en las heliografías técnicas, especificaciones del cliente y procedimientos estándar de producción.



### Control para la materia prima.

Se recomienda el control de la materia prima polipropileno y poliestireno en lo que respecta a su integridad física, parámetros de aceptación y muestreo.

En la materia prima se tiene que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Color: debe ser apto para poder utilizarse en caso de material reciclado y en caso de material virgen cumplir con las características de transparencia para poder pigmentarse.
- Dureza: debe ser la indicada para.
- Flexibilidad: esta es importante para el desmolde y su desempeño al ser usando
- Punto de fusión: vital en el proceso de inyección.
- Limpieza: determinante en la calidad del producto terminado
- Humedad: debe de ser mínima pues de lo contrario no se puede utilizar
- Tamaño de partícula (pellet): debe de oscilar de los 2mm a 6mm para poder pasar por las tolvas de las maquinas.

Se sugiere examinar muestras de materia prima antes de ser enviadas al proceso de producción.

Para documentar la información de la calidad de la materia prima se sugiere el siguiente formato:

Formato de control de calidad		Materia prima	
Materia prima: _____		Lote No	
Fecha _____		Aprobada	_____
Inspector _____			firma
Cualidad	Si	No	Comentarios
Color			
Dureza			
Limpieza			
Humedad			
Transparencia			
Tamaño de partícula (pellet)			
Punto de fusión			

Tabla 5.1 formato para el control de calidad en la materia prima

### Control de producto en proceso tanto para material reciclado como para virgen.

De manera similar se señalan los parámetros que se deben seguir durante el proceso de producción:

- Temperatura de inyección: es importante, si es baja pueden salir incompletas las piezas y si es excesiva pueden salir quemadas o deformes
- Tiempo de enfriamiento: es muy importante para poder desmoldar y minimizar tiempos.
- Presión de inyección: determina si se llena la cavidad correctamente de lo contrario puede salir con rebaba o incompleta.
- Contrapresión de inyección: factor importante para la característica de la colada y punto de inyección, si no es la adecuada en ésta parte de la pieza puede quedar una marca que afecte su apariencia visual.
- Fluidez de la resina: importante, minimizar tiempos y buena calidad de las inyecciones.
- Acabado al salir de la inyección: dado que depende del factor humano, debe de estar el operario capacitado para rebabeear correctamente la pieza, ya que buena parte de la merma se genera en éste punto pues el operario daña la pieza al darle el acabado.
- Temperatura al salir de inyección: debe de ser la menor posible para evitar quemaduras en los operarios y deformación de la pieza.
- Almacenamiento inmediato después de la inyección: debe de ser el adecuado para evitar maltratos en las piezas.

Se sugiere el siguiente formato para el control de producto en proceso.

Formato de control de calidad		Proceso: Inyección			
Producto: _____		Lote No _____			
Fecha _____					
Inspector _____					
Propiedad	Correcto		Recomen- dación	Actual	Comentarios
	Si	No			
Temperatura Inyección. [°C]					
Tiempo de enfriamiento [°C]					
Presión de inyección [°C]					
Fluidez de la resina [Pa]					
Temperara al salir de inyección [°C]					
Acabado al salir de la inyección					
Almacenamiento inmediato después de la inyección					

Tabla 5.2 formato para el control de calidad de producto en proceso en inyección

Otra etapa del proceso es el empaque, donde se depositan en paquetes pequeños y luego éstos paquetes en cajas o paquetes mas grandes para su venta.

Los aspectos que se deben cuidar es esta actividad son los siguientes.

- Apariencia correcta del empaque
- Limpieza de las piezas en el paquete
- Bolsa adecuada
- Etiqueta adecuada
- Distribución de colores correcta
- Numero de piezas por paquete correcta
- Engrapado o sellado correcto
- Numero de paquetes en paquete grande correcto
- Numero de paquetes en caja correcto
- Limpieza general adecuada

En la tabla 5.3 se propone un formato para auxiliar el control del empaque.

Formato de control de calidad			Proceso: Empaque		
Producto: _____			Lote No _____		
Fecha _____					
Inspector _____					
Propiedad	Correcto		Recomen- dación	Actual	Comentarios
	Si	No			
Etiqueta					
Engrapado o sellado					
Bolsa chica					
Numero de Pz. Paq. chic.					
Bolsa grande					
Corrugado					
Número de paquetes en empaque grande					
Limpieza paq. Chico					
Limpieza paq. Grande					

**Tabla 5.3 formato para el control de calidad de producto en proceso en empaque**

### Control para producto terminado tanto para material virgen como reciclado.

La tabla 5.4 es un formato que se propone para documentar la información del control de calidad para producto terminado, ya sea elaborado con material reciclado o material virgen, donde se determina si el producto es aceptado o no.

Formato de control de calidad		Producto terminado	
Producto: _____		Lote No _____	
Fecha _____			
Inspector _____			
Producto	Defectuoso		Comentarios
	Si	No	
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			

Tabla 5.4 formato de control y registro para el producto terminado.

Enseguida se propone una herramienta enunciando un ejemplo para ilustrar como se puede utilizar la distribución binomial para llevar un control de la calidad:

“Si se fabrican 300 paquetes de cierto producto y se tiene un porcentaje de unidades defectuosas del 5 % entonces, calculando el error estándar de producción usando la

Siguiente ecuación  $\tau_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$  tenemos lo siguiente:

$$\tau_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = \sqrt{\frac{0.05(1-0.05)}{300}} = 0.012$$

Donde:  $\tau_p$  = error estándar de la producción

$p$  = proporción media

$n$  = tamaño de la muestra

Así entonces la distribución queda de la siguiente forma: Fig. 5.7

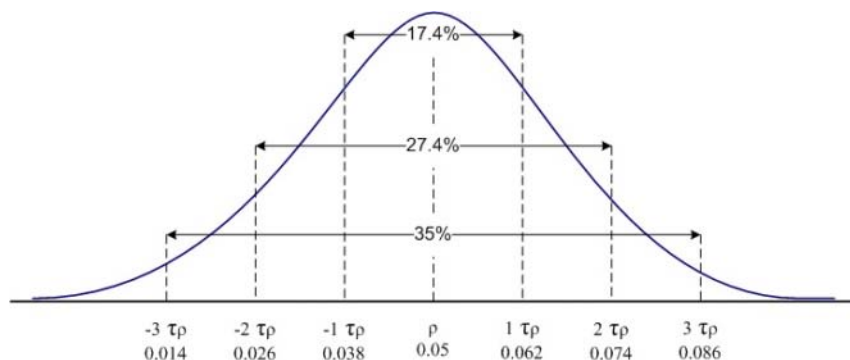


Fig. 5.7 Grafica de la distribución binomial de las proporciones debajo la curva

El diagrama revela que la gama de proporciones y el porcentaje de las muestras que tienen estas proporciones de defectos son los siguientes:

Gama esperada de proporciones de defectos	de	Porcentaje de muestras
0.038 a 0.062		17.4%
0.026 a 0.074		27.4%
0.014 a 0.086		35%

Interpretando estos datos se tiene que el rango mas preciso de porcentaje de piezas defectuosas va del 1.4% 8.6%

Utilizando una gráfica de control para el porcentaje de defectos llamada “p” (Fig. 5.8) con limites superior e inferior basada en los datos obtenidos, para un lapso de tiempo se tiene lo siguiente.

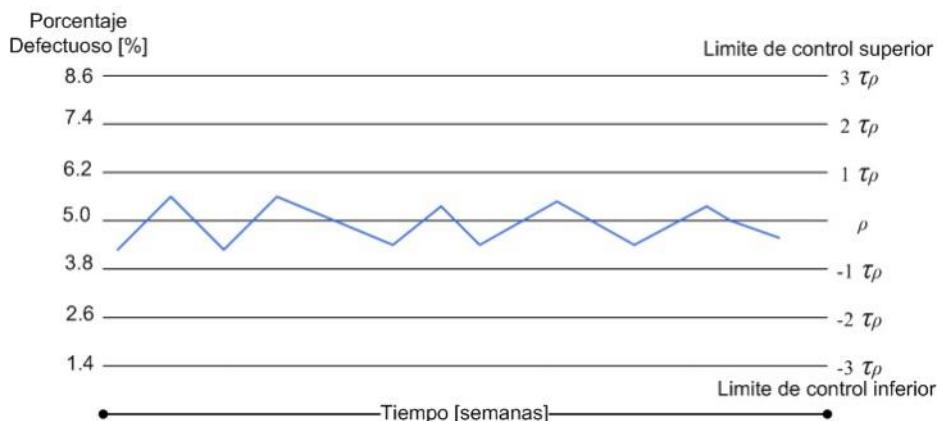


Fig. 5.8 Gráfica de control de defectos en la producción en un tiempo determinado.

La proporción media de piezas defectuosas es el punto en el cual se traza al centro de la línea”.

Se sugiere la implantación de este sistema para controlar de forma mas precisa, la calidad y ver el comportamiento de esta, y tomar decisiones que solucionen o minimicen el problema.

#### **V.3.4 PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO**

Recomendaciones para alcanzar un buen grado de mantenimiento preventivo para el equipo.

Los quehaceres básicos propuestos para el mantenimiento son:

1. Seleccionar y adiestrar al personal idóneo el cuál deberá ser coordinado por el jefe de producción dado que él es el que tiene la planeación de la producción y tiene el conocimiento del grado de servicio que requieren las máquinas en función de su desgaste.
2. El mantenimiento sería ideal en los periodos sin producción o entre pedidos.
3. Los puntos mas importantes para atender en la maquinaria son:
  - **Inyección**
    - Resistencias de los cañones de inyección
    - Nivel de aceite en el sistema hidráulico
    - Mangueras hidráulicas
    - Condiciones de sistema eléctrico
    - Lubricación de las berras de soporte
    - Mordazas y soportes de los moldes
    - Sistema de enfriamiento, en los moldes
    - Tubería de agua
    - Torre de enfriamiento
    - Buen deslizamiento de las puertas de la máquina
    - Sistemas de seguridad como chips e interruptores de seguridad, así como barras anticierre
    - Sistemas eléctricos (fusibles)
  - **Molino**
    - Sujeción de las cuchillas
    - Rejilla limitante de tamaño de partícula
    - Estado de las bandas y poleas
    - Estado de tornillos de seguridad
    - Lubricación de baleros y bujes
    - Motor eléctrico
    - Anclaje al piso
    - Sistemas eléctricos (fusibles)

- **Pigmentadota**

- Estado del deposito
- Estado de la tapa del deposito
- Bandas y poleas
- Motor eléctrico
- Baleros y bujes
- Anclaje al piso
- Sistemas eléctricos (fusibles)

El trabajo de mantenimiento debe originarse en un documento “orden de mantenimiento” para contar con un registro debidamente documentado de las tareas efectuadas. Si el mantenimiento es correctivo y el personal de la empresa no cuenta con la capacidad de realizar la operación, se debe de buscar apoyo en personal especializado externo.

Para determinar si le conviene a la empresa buscar una persona especializada para prevenir fallas en las máquinas se sugiere seguir el siguiente criterio.

1. Calcular el número esperado de descomposturas basándose en registros anteriores en lapsos de los últimos 12 meses.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Numero de} \\ \text{descomposturas} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Promedio de} \\ \text{descomposturas al} \\ \text{mes} \\ \hline \end{array}$$

2. Calcular el costo esperado de la descompostura

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Costo esperado de} \\ \text{la descompostura} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Numero de} \\ \text{descomposturas} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Costo por} \\ \text{descompostura} \\ \hline \end{array}$$

3. Calcular el costo de mantenimiento preventivo

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Costo del} \\ \text{mantenimiento} \\ \text{preventivo} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Costo de las} \\ \text{descomposturas} \\ \text{esperadas con el} \\ \text{servicio de} \\ \text{mantenimiento} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Costo del contrato} \\ \text{de servicio} \\ \hline \end{array}$$

4. Comparar las dos alternativas

Aquí se analiza que cantidad es menor, si el servicio de mantenimiento externo o que la empresa enfrente las contingencias que se presenten, sin la presión económica de un contrato de mantenimiento

Para los trabajos de mantenimiento es necesario:

- a) Análisis de los trabajos: Es la historia de lo realizado, de las especificaciones técnicas y de los consejos del fabricante, lo que permiten:
  - Establecer las normas de mantenimiento (inspección, frecuencia de los trabajos)
  - Hacer el programa de los trabajos de mantenimiento preventivo para cada equipo.
- b) Establecimiento de un calendario: Se elabora un plan de acción en el que se precisen la descripción y frecuencia de las intervenciones de mantenimiento. Se sugiere planear y registrar las actividades mediante un diagrama de Gant. (Fig. 5.9) ya que es una herramienta muy útil tanto para la programación calendarizada de las actividades, como para visualizar el avance del mismo.
- c) Inventario de herramientas.

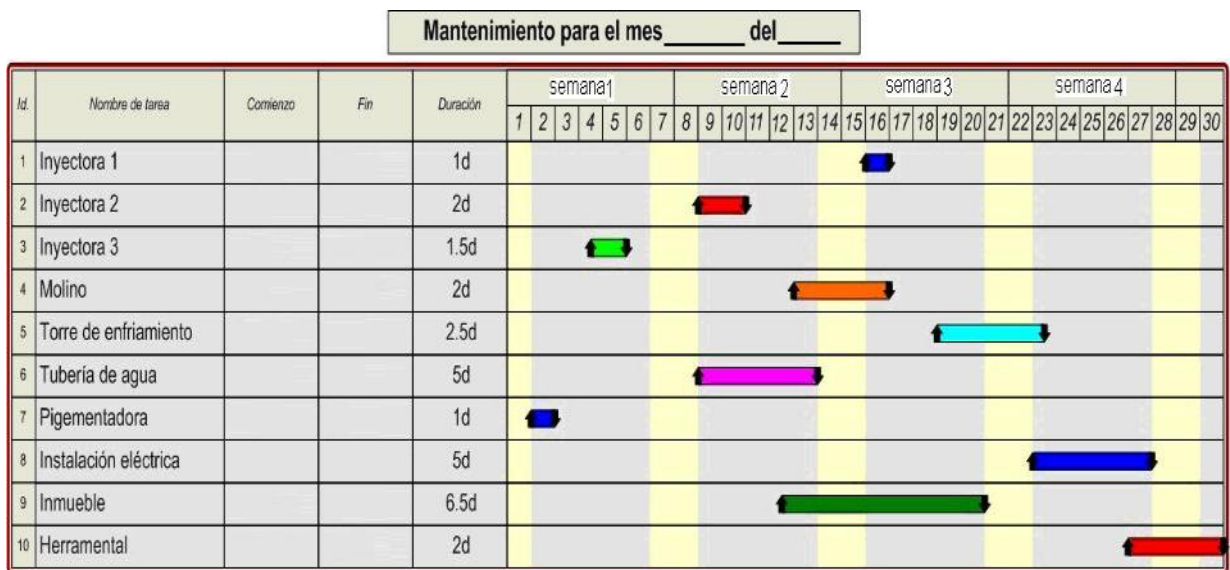


Fig. 5.9 Ejemplo ilustrativo de un diagrama de Gant como herramienta de la planeación de un programa de mantenimiento preventivo

- d) Distribución de los trabajos: No se puede suponer que los trabajos correctivos nunca serán necesarios, sus causas son diversas, si se recurre a expertos externos se debe elaborar la solicitud de trabajo, las requisiciones de material y la estipulación de costos.
- e) Estimación de los costos. Es una evaluación del tiempo y el material necesario para trabajos preventivos y correctivos, aunque este último en ocasiones sea más fácil de evaluar.



### V.3.5 PROPUESTA PARA EL PERSONAL

Se sugiere realizar un inventario del equipo mínimo necesario requerido por los trabajadores como: batas, botas, guantes, etc.

Al adquirir el equipo y aportarlo con un recibo a los trabajadores se les debe capacitar para su buen uso, cuidado y tiempo con condiciones para realizar el cambio.

En cuanto a incrementar la productividad, y en cuestión de fuerzas de trabajo tenemos que existen varios tipos de organización laboral, de las cuales las más importantes son:

**Organización lineal o militar:** las instrucciones van en orden descendente o en cadena desde el director hasta el operario pasando por el gerente y el jefe de producción.

**Organización lineal y conjunta:** es similar a la lineal sólo que en este caso el jefe de producción esta asesorado por especialistas que no tienen ningún peso específico con algún otro elemento de la empresa.

**Organización lineal y concurrente:** ahora éste tipo de organización es similar a la lineal y conjunta, sólo que en éste caso la relación de los especialistas y el jefe de producción es con la dirección y con los operarios, manteniendo una intercomunicación entre todos.

Se sugiere una combinación de las 3 ya que se tiene que aprovechar dos aspectos:

- ⇒ El reducido número de elementos que componen la compañía.
- ⇒ Los operarios con mayor capacidad técnica.

Lo que se pretende que los operarios tengan una mayor participación y enlace con el jefe de producción, para que en conjunto se tenga mayor variedad de ideas en lo que a planeación y coordinación de las actividades se refiere.

Se sugiere:

- ⇒ Mantener un vínculo más estrecho entre los operarios con el jefe de producción.
- ⇒ Aportación de ideas en conjunto de los operarios al jefe de producción.
- ⇒ Asignación por parte del jefe de producción de tareas específicas de acuerdo a las aptitudes que demuestre cada operario durante el transcurso de las operaciones.
- ⇒ Mayor capacitación

Con ésto se puede llegar a prescindir de la presencia del jefe de producción, si es que éste se ausenta por algún motivo extraordinario.

## CAPACITACIÓN.

Es necesario mostrar los siguientes puntos al operario al ingresar a la empresa y periódicamente a todo el personal:

- Historia de la empresa y de los productos que fabrica.
- Debe ser presentado a su superior y también a sus compañeros de trabajo
- Que conozca la misión, visión, políticas y objetivos de la empresa
- Enumerarle las recomendaciones y otros beneficios que obtendrá al formar parte de la empresa
- Se le deben de exponer las medidas de seguridad en el trabajo que han sido adoptadas por la empresa, así como el uso del equipo.
- Descripción de los usos y características del producto en cuya fabricación ha de intervenir
- Es importante que sepa acerca de la orientación general que ha guiado a la empresa a establecer su organización laboral.
- Información de horarios, vacaciones, permisos etc.
- Entregarle un lugar.

Un programa de adiestramiento se basa en la idea de que “se supone al trabajador con capacidad de aprender” el programa de adiestramiento tiene que contar con cierta directriz para que pueda cumplir con la misión que se planteo de éste, se sugieren las siguientes recomendaciones al plantearlo:

- Procurar que el operario comprenda con toda claridad la finalidad del trabajo
- Deben ser claramente definidas las notas que especifiquen la calidad que se pretende obtener.
- Debe de saber la cantidad de producción estimada capaz de fabricar en su jornada.
- Se le debe de especificar el método a utilizar para desempeñar su labor.

Se debe de asignar alguien que proporcione la capacitación en la empresa, algún miembro que tenga la suficiente experiencia y que sea capaz de transmitir el conocimiento, existen varios miembros en la empresa que pueden hacer esta labor.

Los métodos más sobresalientes de capacitación son los siguientes:

**Adiestramiento de antefábrica (formal training):** es la capacitación mediante información documentada como manuales, procesos detallados en papel, donde se especifican las características o descripciones del trabajo a realizar.

**Adiestramiento no metódico (informal training);** que consiste en que le trabajador aprenda sobre la marcha y con la practica, empezando por las labores mas sencillas. Este método es aplicado en la actualidad en la empresa. Se sugiere realizar una combinación de éstos dos métodos.

En seguida se sugiere un formato (Tabla 5.5) que puede ayudar en la documentación fácil y sencilla de la información que se requiere en cada proceso, describiendo acciones y pasos a seguir, con el fin de facilitar la capacitación de nuevos miembros, o inclusive de los ya existentes.

Actividad _____		Fecha _____		Hoja No _____	
Operación _____					
_____					
_____					
Area _____					
No de paso		Descripción del método			
Minutos por unidad		Unidades por hora		Realizado por:	
				Aprobado por:	

**Tabla 5.5 Formato sugerido para la capacitación**

### V.3.6 PROPUESTA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

Recomendación en la nueva distribución de planta, se parte de la asignación definitiva de los almacenes de producto terminado y materia prima, así como la reubicación del área de limpieza de material reciclado, las máquinas no requiere que sean movidas, pues donde están resulta ser el mejor lugar dado que no estorban y el ruido se puede retener en esa zona.

En la Figura 5.10 se muestra una propuesta de la distribución de planta.

Las acciones que se tomarían para esta nueva distribución son las siguientes:

- Se propone derribar un sector de la pared que divide la zona media y la zona de máquinas para tener una mayor visibilidad e incrementar el libre tránsito así como un mejor aprovechamiento del espacio.
- El área de pigmentado se recorre unos metros hacia la entrada para aprovechar más el espacio y dejar libre el área de inyección
- La zona para limpieza de material se desplaza a la entrada pretendiendo reducir la distancia al descargar proveniente de afuera y descongestionar la zona media
- El mueble de los moldes se ubica ahora en una de las orillas de la fábrica, más cerca de las máquinas y estorbando menos.
- Los almacenes de producto terminado se ubican en la parte de arriba, así saldrá el producto terminado por el acceso de la entrada principal
- La materia prima se ubica en la zona media de la parte de abajo para mejor manipulación y menor distancia de recorrido
- El molino y las máquinas inyectoras permanecen en su lugar.
- El compresor y la torre de enfriamiento permanecen en su lugar ahí, no estorban, no se oye el ruido que hacen y no se ensucian.

Se propone eliminar:

- La mesa de trabajo que se encuentra en la zona media.
- Almacén de producto terminado en la planta baja.
- Almacén de materia prima en la planta alta.

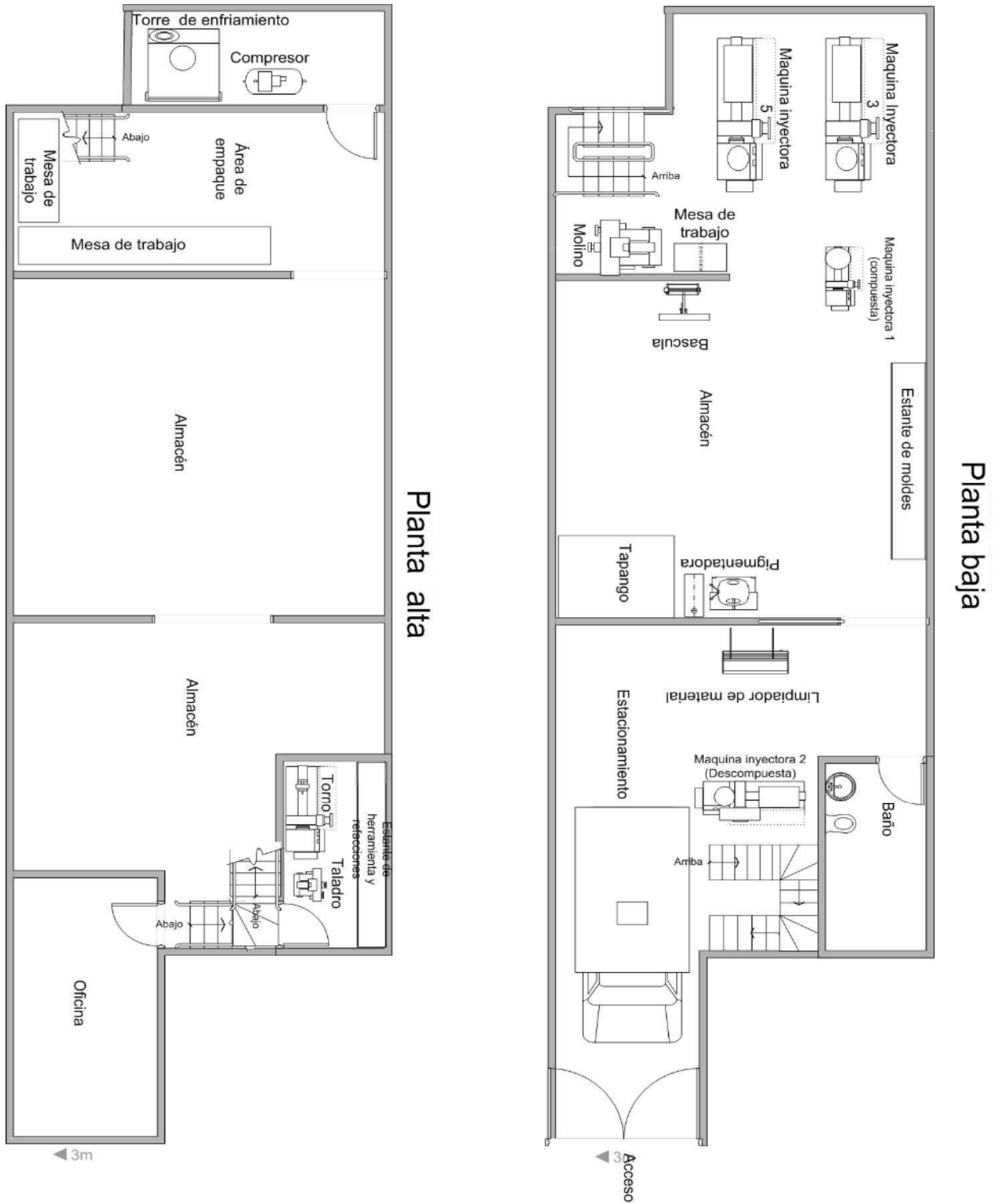


Fig. 5.10 Lay Out propuesto para la empresa

### **V.3.7 PROPUESTA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

La seguridad industrial engloba todos los aspectos que resguardan la integridad de los componentes de una empresa, tanto humanos, informáticos, y de bienes. El que existan percances graves o no graves dentro de una empresa indica que existe una falla de planeación, instalación, construcción, diseño u operación. Como ya se había mencionado anteriormente, en la empresa que se analiza hasta agosto de 2007 no se tenía registrado ningún accidente de gravedad, pero desafortunadamente se presentó uno y dejó un amargo sabor de boca en todos los que laboran ahí, y la necesidad de replantear y mejorar las medidas de seguridad para evitar que se repitan sucesos así en el futuro, garantizando la integridad física de todos y todo con lo que cuenta la empresa.

En una empresa no solo es muy importante tomar en cuenta la seguridad de los trabajadores, ya que de estos depende la mano de obra que forma parte fundamental de la productividad, pero no se debe dejar de lado el cuidado y la seguridad de los bienes que conforman la empresa, como el equipo, la maquinaria e infraestructura.

#### **PROTECCIÓN PERSONAL**

La protección personal de los trabajadores debe cumplir con las siguientes características:

- Debe ser fácil de manejar.
- Deberá permitir la realización del trabajo, sin suponer una merma en las posibilidades de actuación.
- Debe ser cómodo procurando que se sienta bien.
- Debe de ser fácil de mantener en buenas condiciones.

Para la clasificación del material de protección personal según la zona del cuerpo que va a proteger se distinguen los siguientes tipos de equipos:

- La ropa de trabajo,
- Protección de la cabeza
- Protección del aparato visual.
- Protección del aparato auditivo
- Protección de extremidades superiores.
- Protección de extremidades inferiores.
- Protección del sistema respiratorio.
- Cinturón de seguridad.

**La ropa de trabajo:** La ropa para el personal que labora en la empresa se recomienda que proporcionen una protección indudable contra manchas, polvos, productos corrosivos, etc. Debe cuidarse que la ropa de trabajo esté limpia y en buenas condiciones de conservación, sin roturas que puedan ser motivo de enganches con la máquina provocando el accidente.

**Protección de la cabeza:** No es necesario traer casco, ni protección especial para la cabeza dado que no hay riesgo de algún golpe por algún objeto que se pudiera desprender o caer de lugares altos como racks de almacenes o algo similar dado que no se cuenta con un almacén de ese tipo, es recomendable evitar el uso de gorras, gorros o sombreros que puedan estorbar para el desempeño o se pudieran atorar con algún objeto o maquinaria.

**Protección de aparato visual:** Es necesaria la protección de los ojos en algunas actividades de la empresa como son: el molino y en el taller de reparación de moldes, en máquinas como el torno el taladro de banco y el esmeril. Los accidentes de ojos pueden ser evitados mediante el uso de gafas o caretas protectoras. Cualquier gafa de seguridad debe reunir una serie de requisitos:

- Se han de limpiar con facilidad, no deben tener pliegues ni ranuras de difícil acceso.
- Deben tener un campo de visión amplio.
- No han de estar construidas con material inflamable.
- No debe producir irritaciones ni ningún otro tipo de molestia al usuario.

**Protección del aparato auditivo:** Según las normas de seguridad y salud laboral; cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase los 80 [Db] será obligatorio el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva. Para los ruidos de muy alta intensidad se dotará a los trabajadores de auriculares con filtro, orejeras de almohadillas, discos antirruídos o dispositivos similares.

En esta empresa no se registran ruidos de esa magnitud (80[Db]) que es similar a al ruido provocado por la sirena de una ambulancia o carro de bomberos, por lo que se recomienda solo el uso de protección auditiva con tapones, cuando el trabajador tenga jornadas largas en el molino, que es la máquina que más ruido provoca. Los elementos de protección auditiva serán siempre de uso individual.

**Protección de extremidades superiores:** La protección generalmente aceptada por su eficacia es el guante independientemente de la existencia de manguitos, dediles, cremas, etc., que pueden emplearse en casos especiales. Según el trabajo a desarrollar se pueden utilizar los siguientes tipos de guantes:

- De tejido
- De cuero
- De amianto
- De caucho
- De materia plástica
- De cota de malla

En esta empresa se recomiendan de tejido ya que son adecuados para trabajos que requieran una protección ligera, y son económicos, si se desea una mayor protección para el calor se pueden utilizar los de amianto excelentes para altas temperaturas. Este tipo de guantes es usado por los bomberos.

**Protección de extremidades inferiores:** puede lograrse mediante calzado con puntera de acero, para prevenir la caída de material pesado sobre los dedos como moldes o herramientas. También se suelen utilizar plantillas metálicas que impidan las heridas cortantes o punzantes en la planta de los pies ocasionadas por rebabas o residios punzo cortantes.

Para completar dicha protección se puede utilizar botas que protejan los tobillos. La protección de las extremidades inferiores puede completarse con rodilleras, polainas, etc., Pero el trabajo en la empresa no requiere, a menos de que se realicen actividades de soldadura por mantenimiento o construcción.

**Protección del aparato respiratorio:** Se debe seguir un procedimiento que debe incluir los siguientes puntos:

1. Identificar la sustancia.
2. Valorar el riesgo que conlleva cada una de las sustancias identificadas estableciendo su grado de peligrosidad.
3. Determinar las condiciones de exposición como proximidad con los puntos de alta concentración, existencia o falta de oxígeno, etc.
4. Estudiar las posibilidades personales de utilización del equipo.

Dado que existe polvo en la empresa y en ocasiones es de concentración moderada se recomienda el uso de filtros mecánicos cuando exista concentración de polvo de plástico, pigmento o polvo natural.



## MEDIDAS PARA EVITAR ACCIDENTES

En todo accidente intervienen tanto el factor técnico como el factor humano como el organizativo:

- Factores técnicos: Se les identifica como condiciones materiales inseguras o peligrosas, también Fallos Técnicos.
- Factores humanos: Acciones u omisiones que originen situaciones potenciales de riesgo y de peligro que dan lugar a la aparición de accidentes. A veces se les llama también Actos Inseguros, también Fallos Humanos.
- Factores organizativos: Relacionados con el tipo de organización y métodos de trabajo aplicados.

Los elementos determinantes en un accidente son:

1. Descuido.
2. No leer el manual antes de utilizar un equipo.
3. Capacitación en el uso del equipo
4. Instalaciones peligrosas de forma permanente.
5. Instalaciones con defectos temporales.
6. Debidos a otra persona.
7. Olvido de normas o reglas de seguridad
8. Ignorancia del uso adecuado del equipo.
9. Falta de vigilancia.
10. falta de equipo de protección.
11. Error.

Para evitar los accidentes es importante la capacitación, esta puede evitar que del factor técnico deriven deficiencias de funcionamiento o ausencias de seguridad significativas en las instalaciones, maquinaria, herramientas, etc. Se debe eliminar: la falta de protección personal, protecciones inadecuadas de las máquinas y herramientas, prendas de trabajo inapropiados y deficiencias en las instalaciones.

En lo que respecta a los factores humanos mediante la capacitación y adiestramiento podemos eliminar los comportamientos inadecuados que realizan las personas en el puesto de trabajo, y responden a problemas de tipo personal (alcoholismo, depresión, ansiedad, etc.) y social (baja integración en el equipo de trabajo, mala política de ascensos, etc.) que provocan las conductas y actitudes adecuadas para la aparición de los accidentes. Por ejemplo: negligencia, incumplimiento de las normas de seguridad, etc.

## **Accidentes eléctricos**

El 15% de los accidentes eléctricos son mortales. En esta empresa las maquinas se trabajan con altos voltajes (220[v] a 360[v]) y es muy importante tomar medida para evitar el mínimo percance cuando se realice mantenimiento o por simple inspección. Quitar los fusibles, de la maquinaria en mantenimiento o inspección.

### **Instrucción y habilitación del personal:**

Toda persona que realice trabajos eléctricos estará previamente habilitada y deberá poder acreditar en todo momento que posee conocimientos suficientes en los siguientes aspectos:

- Características técnicas de las instalaciones eléctricas en que deba trabajar.
- Conocimiento del local con los interruptores.
- Conocimiento de teléfonos de emergencia.
- Procedimientos y medidas de seguridad a adoptar en los trabajos que tenga asignados.
- Uso y verificación de los equipos y prendas de protección.
- Medidas a adoptar en caso de accidente y primeros auxilios (mínimo dos personas).

### **Protección contra contactos directos.**

Puede lograrse de las siguientes formas:

- Lejos de las partes activas.
- Interposición de obstáculos.
- Recubrimiento de las partes activas (cajas tableros).
- Se evitará el empleo de conductores desnudos.
- Cuando se utilicen, usar el equipo de protección.
- Se prohíbe el uso de interruptores de cuchillas que no estén debidamente protegidos, y de equipos de otro tipo.

### **Protección contra contactos indirectos**

- Separación de circuito.
- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.
- Separación entre las partes activas y los objetos accesibles por medio de aislamiento de protección.
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y objetos.
- Recubrimiento de los objetos con aislamiento de protección.
- Conexiones equipotenciales.
- Puesta a tierra de los objetos y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de los objetos y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de los objetos y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

## PROTECCIÓN DE LA EMPRESA

Resguardad la seguridad de la empresa en lo que respecta a maquinaria, equipo, herramienta e infraestructura.

### Maquinaria

Las máquinas con las que se cuenta deben de ser protegidas garantizando dos aspectos muy importantes: una larga vida útil del equipo y prevenir accidentes por una falla mecánica o mal funcionamiento de éstas. Las siguientes se proponen.

- Verificar el estado de mangueras y cables bandas y cubiertas
- Verificar que los interruptores y dispositivos de seguridad con los que cuenta el equipo funcionen correctamente
- Colocar y dar mantenimiento a dispositivos protectores como: cubiertas de poleas y bandas giratorias, cubiertas de partes móviles que puedan lesionar a los operarios, aislamientos de partes calientes y eléctricas etc.
- Buen aseo del equipo que evite incidentes ocasionados por suciedad.
- Trazar en el piso líneas que indiquen zonas de peligro y áreas de riesgo como periferias de maquinas y pasillos de seguridad.

## ORDEN Y LIMPIEZA. COLOR Y SEÑALIZACIÓN

**Orden y limpieza:** El buen orden y limpieza de una fábrica son quizás los factores más importantes para la prevención de accidentes de trabajo.

Tanto el orden como la limpieza son responsabilidad de todo el personal, la gerencia debe hacer que todas las operaciones industriales sean ordenadas, suministrar lugares de almacenamiento apropiados, cerciorarse diariamente de que la limpieza y el orden se mantiene en todo lo que se hace en la fábrica.

### Mantener el orden significa:

- Retirar los objetos que obstruyen el paso.
- Marcar los pasillos.
- No apilar los materiales en lugares de tránsito.
- Eliminar desechos rápidamente.
- No permitir enrejillados con orillas que sobresalen del piso, u objetos salientes
- Hacer que los recipientes que contienen líquidos tóxicos, inflamables y basura queden herméticamente cerrados.
- Evitar los pisos resbaladizos a causa de agua, jabón, líquidos, etc. o marcarlos adecuadamente
- Asignar zonas para cada cosa.

## **Recomendaciones y aspectos para la limpieza en la empresa.**

- Locales susceptibles de producir polvo: Se efectuará por medios húmedos cuando no sea peligroso, o mediante aspiración en seco cuando el proceso productivo lo permita.
- Horarios: Siempre que sea posible se hará fuera de las horas de trabajo.
- Trabajo continuo: Cuando esta sea continuo se extremarán las precauciones para evitar efectos desagradables o nocivos del polvo y residuos.
- Lugares peligrosos: La limpieza se realizarán con mayor esmero en las inmediaciones de los lugares ocupados por máquinas, aparatos o dispositivos cuya utilización ofrezca mayor peligro. El pavimento no estará encharcado y se conservará limpio de aceites, grasas y otras materias resbaladizas.
- Operarios encargados de la limpieza de las zonas o elementos de instalación que ofrezcan peligro para su salud, irán provistos del equipo protector adecuado.
- Limpieza de máquinas: Deberán conservarse siempre en buen estado, misión que recaerá en los trabajadores encargados del manejo de los equipos, conservando su área limpia.
- Aguas residuales: Se eliminarán mediante la instalación sanitaria instalada procurando su buen estado.
- Líquidos de limpieza: Se emplearán detergentes, salvo en casos extremos con gasolina o algún derivado del petróleo.
- Limpieza de ventanas y tragaluces: Se extremarán este tipo de limpieza. Se dará al personal útiles idóneos y protección personal.

## **COLOR EN LA EMPRESA**

No deben elegirse por la mera apariencia externa, sino por que los colores deben ser funcionales, es decir, que han de ser seleccionados para propósitos específicos.

- Debe reflejar la luz, sin producir deslumbramiento.
- Debe mejorar las condiciones de visibilidad, ambiente acogedor.
- Debe localizar el área de trabajo.
- Se debe señalar las zonas de peligro.

### **Colores de seguridad.**

Los colores convencionales son: rojo, amarillo y verde.

- El rojo: para equipo contra incendio, para botones de paro y zonas peligrosas.
- El amarillo / anaranjado: Señala la posibilidad de accidente, recomendando la precaución y la prudencia en lo que se esta haciendo.
- El verde: Quiere indicar la ausencia de peligro, y en tubería indican aire comprimido.
- Colores mas visibles denotan precaución.

Como colores auxiliares de seguridad se deben citar el negro y el blanco.

Estos colores sirven para que las señales de seguridad contrasten con el símbolo y refuercen su visibilidad. El blanco se utiliza como color de fondo para rojo y verde, mientras que el negro para amarillo y anaranjado.

También se utiliza el azul brillante y el blanco para indicar direcciones, escaleras, lugares de recepción de mercancías, zonas de atención, etc.

## **INCENDIOS**

### **Tipos de fuego.**

Los incendios se clasifican de acuerdo con el combustible.

#### Clase A: Sólidos

- Madera
- Carbón
- Papel
- Telas

#### Clase B: Sólidos grasos y líquidos

- Ceras
- Parafinas
- Grasas
- Alcohol
- Gasolina

#### Clase C: Gases

- Acetileno
- Metano
- Propano
- Butano
- Gas natural

#### Clase D: Metales

- Aluminio en polvo
- Potasio
- Sodio
- Magnesio
- Plutonio
- Uranio

### Métodos de extinción.

- Enfriamiento eliminando el calor.
- Sofocación (eliminando el comburente aire), evitando la aportación de oxígeno o reduciendo su concentración por debajo de la necesaria para la combustión.
- Eliminación del combustible, retirando los combustibles presentes, diluyendo los líquidos o cerrando las válvulas de conducciones de gases.
- Inhibición, mediante la neutralización de los radicales activos.

### Agentes extintores.

Se usan los siguientes:

- Agua, a chorro y pulverizada.
- Espuma física.
- Polvos químicos secos BC y ABC (polivalentes).
- Anhídrido carbónico.
- Derivados halogenados.
- Polvos químicos especiales.

En la Tabla 5.6 se ilustra la eficiencia de los agentes extintores con respecto a los diferentes tipos de fuego.

AGENTE EXTINTOR	FUEGOS A	FUEGOS B	FUEGOS C	FUEGOS D
Agua a chorro	bueno	inaceptable	inaceptable	inaceptable
Agua pulverizada	excelente	aceptable	inaceptable	inaceptable
Espuma	bueno	bueno	inaceptable	inaceptable
Polvo polivalente	bueno	bueno	bueno	inaceptable
<i>Polvo seco</i>	inaceptable	<i>excelente</i>	bueno	inaceptable
Co2	aceptable	aceptable	aceptable	inaceptable
Halogenados	aceptable	aceptable	inaceptable	inaceptable
Productos especiales				aceptable

**Tabla 5.6 Agente extintor frente a tipo de fuego.**

Como se puede apreciar en la grafica, los agentes extintores que le convienen a la empresa son los de agua ya sea en chorro o pulverizada y los de polvo seco, ya que en caso de contingencias el tipo de fuego que se obtendría seria A y B. En la Fig. 5.11 se presenta un Lay Out con la propuesta de distribución de extintores de polvo seco para enfrentar cualquier conato de incendio, así como líneas de seguridad y rutas de evacuación.



Fig. 5.11 Propuesta de distribución de extintores, ruta de evacuación y líneas de seguridad

### V.3.8 PROPUESTA PARA EL MEDIO AMBIENTE

#### ILUMINACIÓN

Tabla 5.7 Normas de iluminación de acuerdo a l nivel de actividad.

NIVEL DE ACTIVIDAD	Lux
Trabajos de precisión máxima	2135
Trabajos de precisión	1068
Trabajos prolongados	534
Trabajos moderados	320
Trabajos de poco esfuerzo visual	107
Trabajos sin esfuerzo visual	53

Cabe señalar que 1 Lux = 1 lum / m<sup>2</sup> y que 1 lum = 1/680 W de acuerdo a la tabla anterior el nivel de actividad de esta empresa es de trabajos prolongados con un requerimiento mínimo de 534 Lux, por lo que convertido a W se tiene lo siguiente:

$$\left( 534 \left[ \frac{\text{lum}}{\text{m}^2} \right] \right) \left( \frac{1}{680} [\text{W}] \right) = 0.7852 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Y tomando en cuenta las medidas del área de trabajo de acuerdo a las medidas del predio representadas en la Fig. 5.12 se tiene que:

$$(24[m])(8[m]) = 192\text{m}^2$$

Menos 24 [m<sup>2</sup>] de las esquinas faltantes en la geometría rectangular del terreno queda que, la superficie de la planta baja es de 168 [m<sup>2</sup>], siguiendo el mismo criterio para la planta alta se tiene que la superficie de esta es de 168 [m<sup>2</sup>]

Calculando la potencia requerida para las planta por separado se tiene que:

$$\left( 168\text{m}^2 \right) \left( 0.7852 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \right) = 131.91[\text{W}] \text{ Potencia mínima para cada planta.}$$

Por lo que se recomienda el uso de lámparas flourescentes de tubo, con capacidades de 30 o 40 W; este tipo de lámparas además ayuda a evitar el resplandor que es perjudicial para la vista y por lo tanto para la producción. Si se realiza el cociente de la potencia mínima requerida entre las capacidades de las lámparas se tiene (131.91 [W] / 40 [w])= 3.2 mínimas para cada planta



Que serian 7 lámparas minimo para iluminar el espacio si no existieran bardas y si el terreno fuera solo superficie plana, pero dado que existe bardas que impiden el paso de la luz y la superficie está en dos plantas se recomienda colocar por lo menos 9 lámparas en cada piso con eso se garantiza una iluminación muy adecuada para el trabajo. En la figura 5.12 se ilustra una propuesta en la ubicación de las lámparas en la empresa.

## VENTILACIÓN

La zona donde se encuentra la empresa es en el sur de la ciudad de México, donde básicamente se registra un clima templado con humedad moderada de entre el 50% al 70%, no se recomienda el aire acondicionado ya que se emplea principalmente para contrarrestar temperaturas extremas.

No se puede evitar la producción de partículas residuales por los procesos, pero se puede evitar que se acumulen para su propagación por el lugar, en el caso de los humos por plásticos quemados, se puede apreciar que en casi todos los casos es por fugas que existen entre las boquillas de los cañones y la matriz o pieza de moldeo, el material que se fuga se propaga lentamente por el exterior del cañón y al incrementar su temperatura ininterrumpidamente se degrada y produce humo, es importante mantener los cañones limpios y libres de fugas que hagan que el plástico se derrame.

En la siguiente Tabla 5.8 se muestran características tanto del aire acondicionado como de la ventilación natural.

CARACTERÍSTICAS	AIRE ACONDICIONADO	VENTILACIÓN NAT.
Aplicación según clima	Cualquier clima	Cualquier clima
Renovación del aire	Alta	Limitada
Temperatura	Controlada al gusto	Renueva el aire
Mantenimiento	Constante	Económico
Precio	Relativamente económico	Muy económico

Tabla 5.8 características del aire acondicionado y de la ventilación natural.

La altura que tiene el lugar de trabajo en la empresa es de 3.5 m, lo que facilita una renovación satisfactoria del aire que se puede mantener fresco y en cantidad suficiente.

Como propuesta de ventilación se sugiere instalar ventiladores, colocándolos forzosamente cerca de la zona de las máquinas, que es donde se acumula la mayor cantidad de calor, el resto de la empresa no tiene problemas serios de este tipo, con 2 ventiladores sería suficiente, ya que estos pueden actuar tanto como extractores o ventiladores dependiendo de cómo se instalen.

Además se sugiere la instalación de cortinas de tiras de plástico grueso en las dos entradas a la zona de trabajo, con el objeto de evitar el paso de corrientes externas contaminadas con partículas, además sirven como aislantes del clima exterior, dan cierta protección higiénica a la empresa, son fáciles de instalar, económicas y proporcionan un ambiente de aislamiento entre el proceso productivo y el ambiente externo. En la figura 5.12 se propone la ubicación de estas cortinas

## **RUIDO**

La empresa genera ruido moderado, del orden de los 70 [dB], este valor es dañino a los oídos pero sí se está expuesto por más de 24 horas, y ninguno de las personas que labora ahí está más de 10 hrs. El aislamiento que tiene la empresa para evitar la contaminación por ruido al exterior es bueno, a pesar de que han tenido quejas de los vecinos más próximos, éstos se quejan por el ruido nocturno, pero la empresa ha realizado acciones que minimizan el ruido en ese turno, por otra parte los vecinos ya se habituaron al poco ruido que se alcanza a escuchar hacia el exterior, y en el turno nocturno se evita realizar actividades ruidosas, solo se tiene el ruido que las máquinas inyectoras realizan, pero éstas no se escuchan al exterior.

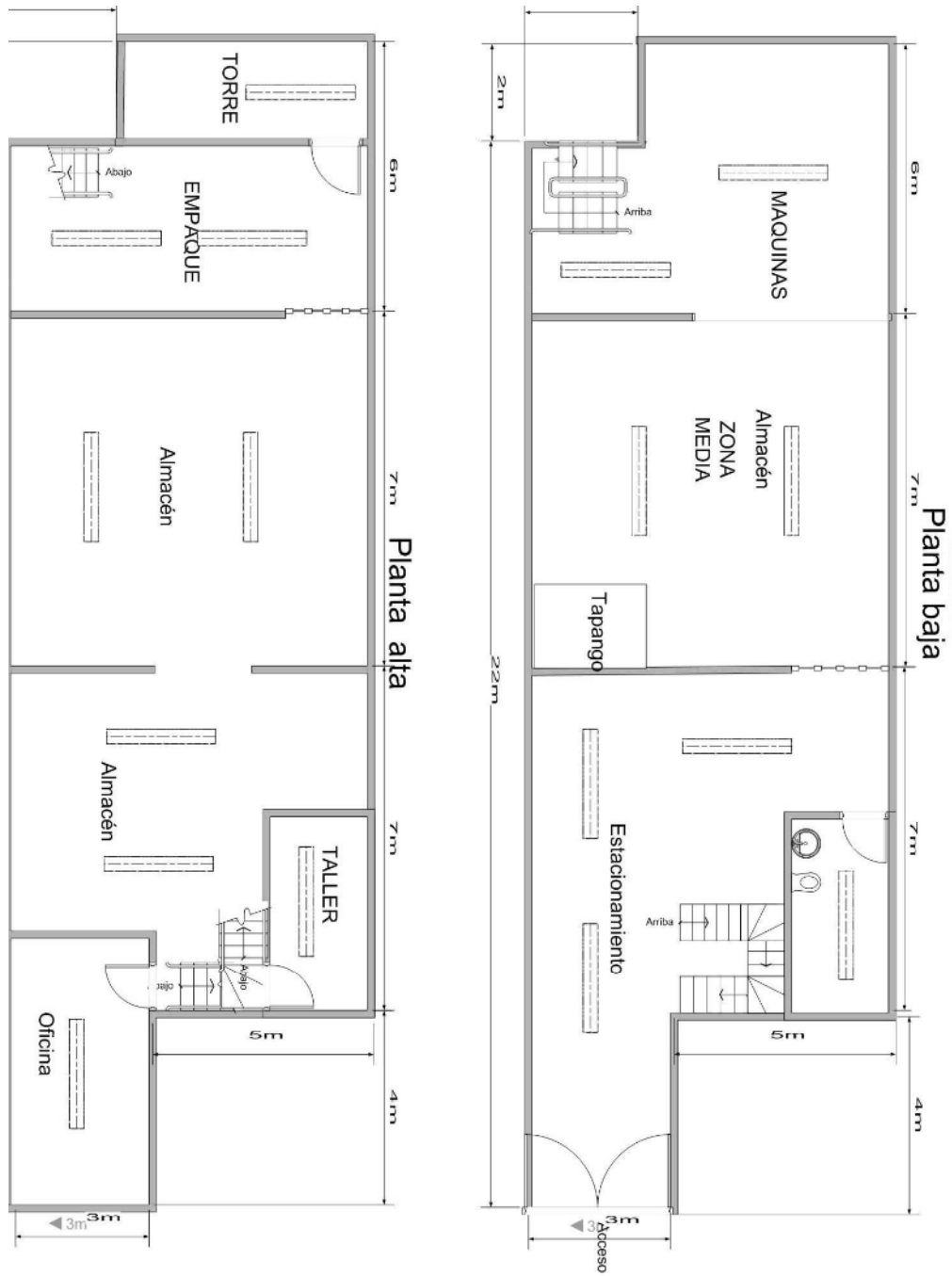


Fig. 5.12 Dimensiones de la empresa, lámparas y cortinas

### V.3.9 RESUMEN

#### ACCIONES ESTRATÉGICAS GENERALES:

- Se requiere la creación de un organigrama coherente y que cumpla con los requerimientos de la empresa.
- Realizar un levantamiento de los 2 procesos que realiza la empresa con el fin de documentarlos,
- Educar y motivar a personal a conservar la empresa limpia y en orden.
- Procurar que el operario comprenda con toda claridad la finalidad del trabajo
- Deben ser claramente definidas las notas que especifiquen la calidad que se pretende obtener.
- Debe de saber la cantidad de producción estimada capaz de fabricar en su jornada.
- Se le debe de especificar el método a utilizar para desempeñar su labor.
- Utilizar un formato de control de la producción que sirva para documentar la producción realizada.
- Estudiar la situación de inventarios en la empresa.
- Es conveniente que se realice un manual de procedimiento y documentos de auto ayuda.
- Se propone la capacitación del personal periódica.
- Limpieza y reparación de las fallas más frecuentes de las máquinas de inyección, tales como fugas en los cañones de inyección y de aceite.
- Documentar cuales son las fallas mas frecuentes que tienen las máquinas.
- Se recomienda la asignación de un lugar definitivo para el almacenaje de la materia prima.
- Establecer periodos de baja y alta demanda en base a referencias históricas de esta, para poder estimar mejor los suministros necesarios.
- Es muy importante la investigación de nuevos proveedores tanto de material reciclado como de virgen.
- Seleccionar y adiestrar al personal idóneo para cada tarea.
- El mantenimiento sería ideal en los periodos sin producción o entre pedidos.
- Mantener un vínculo más estrecho entre los operarios con el jefe de producción.
- Aportación de ideas en conjunto de los operarios al jefe de producción.
- Determinar la capacidad de producción de la empresa
- Mejorar el aseo
- Modificar la distribución de planta.
- Mejorar el medio ambiente y seguridad industrial.

## CONCLUSIONES

El diagnostico empresarial de la compañía, muestra la situación actual en la que se encuentra. Tomando en cuenta sus diversos factores y su entorno, se pudieron determinar sus cualidades y defectos en lo que respecta a su sistema operativo, por lo que podemos concluir lo siguiente:

- Se acentúa un problema en la obtención excesiva de merma en el proceso, causando esto pérdidas económicas y bajos índices de productividad, acompañado de rezago y desorden en las instalaciones.
- La calidad de producto terminado no es muy buena, por de fallas en el proceso productivo y baja calidad de la materia prima
- La capacidad instalada no se esta aprovechando al máximo, dejando de atender una demanda que requiere producción y que la empresa no es capas de producir a consecuencia de deficiencias operativas
- La deficiencia mas notable en la política y dirección, se tratar de buscar la máxima utilidad posible mediante la producción ininterrumpida, sin tomar en cuenta una buena distribución de planta, la cual puede contribuir con la disminución de recorridos y un buen manejo de almacenes (tanto de materia prima, producto en proceso y producto terminado). Por otra parte se carece de orden y limpieza, siendo deficientes las normas de seguridad, tanto para la empresa como para el personal. Aunado a todo esto, la capacitación que se le otorga a los trabajadores es deficiente. Se recomienda la implantación de un plan de capacitación que garantice la preparación frecuente y adecuada del personal para atacar todas las deficiencias.
- En lo que respecta al personal, éste no conoce los objetivos y metas de producción, limitando la capacidad productora, y la capacidad de respuesta de la empresa hacia su mercado.
- Se sugiere promover un ambiente de trabajo que garantice la seguridad de los trabajadores. Gran parte de los riesgos que se corren en la industria se debe a la negligencia que tienen los dueños y directivos al no capacitar y dotar del equipo necesario a los trabajadores con la intención de evitar gastos.
- Las razones en la ineficiencia de la productividad se debe a la deficiencia de todos los factores que la componen, pero se destaca un factor importante que acentúa la limitación de la productividad, éste es: el mantenimiento de la maquinaria y el equipo. Dado que no se cuenta con un programa de mantenimiento la consecuencia es deficiencia en los medios de producción, provocando que esta sea vulnerable y con pausas indefinidas. Como ya se recomendó, se propone atacar este problema mediante un programa que garantice la disposición de las maquinas todo el tiempo.

- ➡ Se conocieron los aspectos generales, se mostraron los aspectos teóricos del proceso en la inyección de resinas plásticas, se describió el proceso productivo, se ubicaron las principales fallas y se propusieron cambios que tienden a mejorar cada uno de los factores y por consecuencia alcanzar los objetivos planteados.

El estudio de los factores y características dejan ver otros muchos aspectos que no se tomaban en cuenta cuando se está el frente de ella, o que no se les daba la debida importancia, como son los valores y principios de ésta, su misión y visión, la calidad etc. A los que no se les plantean ni se les da un seguimiento. Hoy en día la industria mexicana cuenta con muchas deficiencias, esta empresa es una más de todas la que tiene casi los mismos problemas que tiene una empresa con baja productividad.

Se engloban de manera general las características y se proponen soluciones para los problemas existentes, y al mismo tiempo se recomiendan estrategias y sugerencias para ser aplicadas con prudencia, y paso a paso, siguiendo el orden propuesto, sin dejar de ser constantes. Una vez que se vean los resultados positivos, se debe de tomar en cuenta que hay que dar un seguimiento permanente a éstas recomendaciones.

Los empresarios Mexicanos deben de ser concientes de que, sí es importante producir, es también muy importante tomar en cuenta los medios de producción y las fuerzas de trabajo que hacen posible la producción, procurando dotar de las medidas mínimas necesarias para poder formar una empresa sana en toda la extensión de la palabra, desde los estratos mas altos hasta el nivel mas bajo, pues cuando la empresa esta bien, todos los que trabajan en ésta suelen identificarse con ella y con su trabajo, defendiéndolo, cuidándolo y respetándolo, nace un espíritu de compromiso, pero si por el contrario los directivos tratan mal al trabajador éste sólo espera la oportunidad de dejarla y mientras no lo logra, hace su trabajo de manera deficiente y con desinterés. Todo lo anterior se tiene que tomar en cuenta si se pretende que ésta empresa y toda la industria Mexicana compitan con la industria mundial globalizada y vanguardista, encaminada a reducir costos, tiempos de fabricación y satisfaciendo las necesidades del mercado.

Dado que el 91% de las empresa mexicanas dedicadas a la manufactura de plástico son micro y pequeñas empresa, siendo el proceso de inyección el que consume y transforma el 24% de las 3.9 millones de toneladas de resinas plásticas y termoplásticos que se consumen anualmente en México y aunado a esto, que México forma parte de los 10 primeros mercados de plástico en el mundo, colocándose atrás de China, es muy importante que se tomen todas las medidas necesarias para incrementar la calidad y optimizar la productividad, para poder fomentar el buen desarrollo de la industria del plástico en México.

El futuro de esta empresa es prometedor, y lo mismo para éste sistema de producción (Inyección), y más aún que ésta empresa explora el mercado de productos de material reciclado, a lo que el mercado esta muy conciente de lo que compra. Es una actividad productora que garantiza a largo plazo materia prima barata y que al mismo tiempo de satisfacer algunas necesidades, ataca el problema de la basura y la contaminación por residuos sólidos, otorgándole el atributo de ayudar con le ecología, ahora que se empiezan a presentar problemas ecológicos serios en el planeta entero.

El estudio que se realizó, es un análisis de las características de la empresa en cuestión, del que se obtiene los problemas y circunstancias que hacen deficiente su productividad, y que al mismo tiempo éstos son similares a las dificultades por las que atraviesa cualquier empresa en crecimiento y con pocos años de vida. Tomando en cuenta éstos factores, es muy importante estudiar mas a fondo las problemáticas, factores, y circunstancias que limitan el desarrollo de la industria Mexicana, poner más atención y realizar más estudios que ayuden al bienestar de las empresas y de los que la componen. Puesto que casi toda la industria en México es micro y pequeña, se debe de cuidar que ésta crezca de forma fuerte, estable y sana, para así alcanzar la modernidad y progreso que permitan mejorar la calidad de vida en nuestro país.

ANEXO

TABLA A: TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE MOLDEO DE ALGUNAS RESINAS.

<b>Material</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Temperatura fusión [°C]</b>	<b>Temperatura Trabajo [°C]</b>	<b>Temperatura secado [°C]</b>	<b>Tiempo secado [s]</b>	<b>Temperatura molde [°C]</b>
<b>POLIMETIL METACRILATO</b>	PMMA	150 - 180	170 - 240	80	4	<b>50 - 80</b>
<b>ACRILATO BUTADIENO ESTIRENO</b>	ABS	170 - 200	180 - 240	80-90	4	<b>20 - 60</b>
<b>POLIESTIRENO</b>	PS	130 - 160	180 - 260	N/A	N/A	<b>20 - 60</b>
<b>POLIESTIRENO IMPACTO (HIPS)</b>	SB	130 - 160	180 - 260	80 - 90	2-4	<b>20 - 60</b>
<b>ACRILONITRILLO ESTIRENO</b>	SAN	140 - 170	180 - 260	80 - 100	4	<b>40 - 80</b>
<b>ACETATO DE CELULOSA</b>	CA	130 - 170	180 - 220	N/A	N/A	<b>60 - 80</b>
<b>ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA</b>	CAB	130 - 170	190 - 230	N/A	N/A	<b>60 - 80</b>
<b>PROPIANATO DE CELULOSA</b>	CP	130 - 170	200 - 230	N/A	N/A	<b>60 - 80</b>
<b>POLICARBONATO</b>	PC	220 - 260	280 - 230	120 - 140	4	<b>80 - 120</b>
<b>OXIDO DE POLIFENILENO</b>	PPO	240 - 270	250 - 290	90 - 100	2	<b>80 - 100</b>
<b>CLORURO DE POLIVINILO FLEX.</b>	PVC	120 - 140	160 - 190	N/A	N/A	<b>20</b>
<b>CLORURO DE POLIVINILO RIG.</b>	PVC	130 - 160	180 - 210	N/A	N/A	<b>20 - 60</b>
<b>POLIETILENO BAJA</b>	PE	~110	150 - 260	N/A	N/A	<b>-4 - 40</b>
<b>POLIETILENO ALTA</b>	PE	~130	220 - 230	N/A	N/A	<b>-4 - 50</b>
<b>POLIPROPILENO</b>	PP	~165	<b>170 - 250</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>0 - 80</b>



**TABLA B: CAUSAS Y SOLUCIONES DE PROBLEMAS EN EL MODEO POR INYECCIÓN.**

Defecto	Causas posibles	Probables soluciones
<b>Enchuecamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfriamiento demasiado intensivo.</li> <li>• Diseño inadecuado de la pieza.</li> <li>• Tiempo de enfriamiento muy corto.</li> <li>• Sistema de extracción inapropiado.</li> <li>• Esfuerzos en el material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremente el tiempo de enfriamiento dentro del molde.</li> <li>• Utilizar un polímero reforzado.</li> </ul>
<b>Flash</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión de cierre demasiado baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la presión de la unidad de cierre.</li> </ul>
<b>Líneas de flujo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala dispersión del concentrado de color o del pigmento.</li> <li>• Temperatura demasiado baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargar el material más lentamente.</li> <li>• Incrementar la temperatura del barril.</li> <li>• Modificar el perfil de temperaturas.</li> </ul>
<b>Puntos negros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay carbonizaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Purgar el husillo.</li> <li>• Reducir la temperatura de proceso.</li> <li>• Limpiar el husillo manualmente.</li> </ul>
<b>Piel de naranja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incompatibilidad del material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir la temperatura de proceso.</li> <li>• Incrementar la temperatura del molde.</li> <li>• Cambiar el concentrado de color.</li> </ul>
<b>Parte incompleta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiente material en la cavidad.</li> <li>• Falta de material en la tolva.</li> <li>• Cañón demasiado pequeño.</li> <li>• Temperatura demasiado baja.</li> <li>• Obstrucción de la tolva o de la boquilla.</li> <li>• Válvula tapada.</li> <li>• Tiempo de sostenimiento demasiado corto.</li> <li>• Velocidad de inyección demasiado baja.</li> <li>• Canales demasiado pequeños.</li> <li>• Respiración insuficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inyectar más material.</li> <li>• Cambiar el molde a una máquina de mayor capacidad.</li> <li>• Incrementar la temperatura del barril.</li> <li>• Incrementar la velocidad de inyección.</li> <li>• Modificar el tamaño de los canales del molde.</li> </ul>

Defecto	Causas posibles	Probables soluciones
<b>Parte con rebabas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación excesiva.</li> <li>• Temperatura de inyección muy alta.</li> <li>• Presión de inyección muy alta.</li> <li>• Tiempo de inyección muy largo.</li> <li>• Temperatura de molde muy alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificar menos material.</li> <li>• Disminuir la temperatura de inyección.</li> <li>• Disminuir la presión.</li> <li>• Disminuir el tiempo de inyección.</li> <li>• Disminuir la temperatura del molde.</li> </ul>
<b>Rechupados y huecos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión de inyección demasiado baja.</li> <li>• Tiempo de sostenimiento de presión muy corto.</li> <li>• Velocidad de inyección baja.</li> <li>• Material sobrecalentado. Humedad.</li> <li>• Enfriamiento del molde no uniforme.</li> <li>• Canales o compuerta muy pequeños.</li> <li>• Mal diseño de la pieza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la presión.</li> <li>• Incrementar el tiempo de sostenimiento de presión.</li> <li>• Disminuir la temperatura del barril.</li> <li>• Incrementar la velocidad de inyección.</li> <li>• Abrir el venteo o presequer el material.</li> <li>• Modificar los canales de enfriamiento del molde o el flujo del agua.</li> <li>• Modificar el molde.</li> </ul>
<b>Líneas de unión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura general muy baja en el molde.</li> <li>• Temperatura del fundido no uniforme.</li> <li>• Presión de inyección muy baja.</li> <li>• Velocidad de inyección muy baja. Insuficiente respiración en la zona de unión de los flujos encontrados.</li> <li>• Velocidad de llenado no uniforme.</li> <li>• Flujo no adecuado del material por los canales o la cavidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la temperatura.</li> <li>• Incrementar la presión.</li> <li>• Incrementar la velocidad de inyección.</li> <li>• Modificar la respiración del material en el molde.</li> <li>• Modificar la compuerta para uniformar el flujo.</li> </ul>
<b>Degradación por aire atrapado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad.</li> <li>• Degradación de aditivos.</li> <li>• Temperatura demasiado alta.</li> <li>• Respiración del molde insuficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secar el material.</li> <li>• Disminuir la temperatura.</li> <li>• Modificar la respiración del molde.</li> </ul>
<b>Delaminación de capas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura demasiado baja.</li> <li>• Velocidad de inyección demasiado baja.</li> <li>• Baja contrapresión de la máquina.</li> <li>• Temperatura del molde muy baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la temperatura.</li> <li>• Incrementar la velocidad de inyección.</li> <li>• Incrementar la contrapresión de la máquina.</li> </ul>

Defecto	Causas posibles	Probables soluciones
<b>Fracturas o grietas en la superficie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura del molde demasiado baja.</li> <li>• Sistema de eyección demasiado agresivo o inadecuado.</li> <li>• Empacado excesivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la temperatura.</li> <li>• Modificar las barras eyectoras.</li> <li>• Utilice un robot para extraer la pieza.</li> <li>• Disminuir la presión de sostenimiento.</li> </ul>
<b>Marcas de las barras eyectoras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de enfriamiento muy corto.</li> <li>• Temperatura del molde alta.</li> <li>• Temperatura del polímero demasiado alta.</li> <li>• Rapidez de eyección demasiado alta.</li> <li>• Localización inadecuada de las barras eyectoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar el tiempo de enfriamiento.</li> <li>• Disminuir la temperatura del fundido.</li> <li>• Disminuir la rapidez de eyección.</li> <li>• Modificar la ubicación de las barra eyectoras.</li> </ul>
<b>Quemado de la pieza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemado por efecto de jet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuya la velocidad de inyección.</li> </ul>
<b>El concentrado de color no se mezcla</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros incorrectos de temperaturas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probar un perfil inverso de temperaturas.</li> <li>• Bajar la temperatura de las primeras dos zonas de la unidad de inyección.</li> <li>• Usar un perfil de temperaturas más agresivo.</li> </ul>
<b>El color es más oscuro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La temperatura es demasiado alta.</li> <li>• La compuerta es demasiado pequeña y se quema el polímero por presión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir la temperatura.</li> <li>• Modificar la compuerta del molde</li> </ul>

## BIBLIOGRAFÍA

- W NIEBEL Benjamin Ingeniería Industrial, Estudio de Tiempos y Movimiento – 1971
- BUFFA E Sarin R. Administración de la producción y de las operaciones. Editorial Limusa. México 1992
- MONTAÑO A. Diagnostico Industrial. Editorial Trillas. México 1975
- BAENA Paz, Guillermina Manual para elaborar trabajos de investigación documental .-- México : Editores Mexicanos Unidos, 1997. 124 p.
- ESCAMILLA González, Gloria. Manual de metodología y técnicas bibliográficas .— México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Bibliográficas, 1982. 161 p.
- JACOBO Víctor Hugo. Seminario de Ingeniería Industrial (Apuntes). Facultad de Ingeniería de la UNAM. 2003
- CASTILLO Joaquín Montalvo. Diseño de Sistemas Productivos (Apuntes). Facultad de Ingeniería de la UNAM. 2004
- RIVERA Romay Víctor. Planeación Estratégica (Apuntes). Facultad de Ingeniería de la UNAM. 2006
- HERNANDES García Silvina. Planeación y Control de la Producción (Apuntes). Facultad de Ingeniería de la UNAM. 2006
- HERNANDES García Silvina. Estudio del Trabajo (Apuntes). Facultad de Ingeniería de la UNAM. 2006
- BAÑUELOS Saucedo Ángel Leonardo. Investigación de Operaciones (Apuntes). Facultad de Ingeniería de la UNAM. 2007
- MORALES Salvatierra José Luis. Procesos Industriales (Apuntes) Facultad de Ingeniería de la UNAM. 2005
- Platitec S.A. de C.V. Manuales de procesos, Diagramas de Autoayuda y Ordenes de producción 2007
- TESIS: “Propuesta para mejorar la productividad en una empresa de termoformado”, que para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista (área industrial) presentaron Arévalo Guadarrama José Luis y Maldonado Martínez Carlos Alberto. UNAM FI Noviembre 2004

## Referencias en Internet:

### Capitulo I

<http://www.angelfire.com/sk/thesishelp/LinksFAQs.html>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo\\_por\\_inyecci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_inyecci%C3%B3n)  
<http://www.maquinaria-para-inyeccion-de-plasticos.com.mx/historiainyeccionplastico.htm>  
<http://www.maquinaria-para-inyeccion-de-plasticos.com.mx/inyeccionplastico.htm>

### Capitulo II

[http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo\\_por\\_inyecci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_inyecci%C3%B3n)  
<http://www.maquinaria-para-inyeccion-de-plasticos.com.mx/inyeccionplastico.htm>  
<http://www.inyeccionplasticos-arizaga.com/procesodeinyeccion.htm>  
<http://www.mailxmail.com/curso/vida/inyecciondeplasticos/capitulo5.htm>  
<http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti.shtml>  
<http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070624090904AANKoDa>  
<http://www.monografias.com/trabajos10/foda/foda.shtml>  
<http://www.dequate.com/infocentros/gerencia/mercadeo/mk17.htm>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Layout>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_flujo](http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_flujo)  
<http://www.mis-algoritmos.com/2006/08/06/aprenda-a-crear-diagramas-de-flujo/>  
<http://www.cti.espol.edu.ec/citela/documentos/exposicion/unidad/trabajo.htm>  
<http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/36/procesos.htm>  
[http://www.nizalle.com/diagrama\\_de\\_proceso.htm](http://www.nizalle.com/diagrama_de_proceso.htm)  
<http://www.monografias.com/trabajos27/estudio-tiempos/estudio-tiempos.shtml>  
<http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=9187>  
[http://www.ffii.es/f2i2/publicaciones/libro\\_seguridad\\_industrial/LSI.pdf](http://www.ffii.es/f2i2/publicaciones/libro_seguridad_industrial/LSI.pdf)  
[http://usuarios.lycos.es/imoyasevich/a\\_ing/temas/diagnostico\\_empresas.htm](http://usuarios.lycos.es/imoyasevich/a_ing/temas/diagnostico_empresas.htm)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_factorial](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_factorial)

### Capitulo IV

<http://www.umc.edu.co/docentes/CentroRecursos.asp?i=465>

### Capitulo V

[http://www.gerenciaynegocios.com/canales/produccion/conceptos\\_produccion.htm](http://www.gerenciaynegocios.com/canales/produccion/conceptos_produccion.htm)  
<http://www.eumed.net/cursecon/dic/bzm/p/produccion.htm>  
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/distriplantacar.htm>  
[http://www.ruidos.org/Referencias/Guia\\_OMS.html](http://www.ruidos.org/Referencias/Guia_OMS.html)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Medios\\_de\\_producci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Medios_de_producci%C3%B3n)  
<http://www.eumed.net/cursecon/dic/bzm/p/plusvalia.htm>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza\\_de\\_trabajo](http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_de_trabajo)  
<http://www.eumed.net/cursecon/dic/bzm/f/fuerza.htm>  
[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=36,3835863&\\_dad=portal&\\_schema=P](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=36,3835863&_dad=portal&_schema=P)

### ORTAL

<http://www.monografias.com/trabajos31/cadena-suministros/cadena-suministros.shtml>  
<http://www.monografias.com/trabajos/ctrolcali/ctrolcali.shtml>  
<http://garaje.ya.com/migotera/seguridad.htm>  
[http://larioja.org/irsal/pdf/modulo\\_total.pdf](http://larioja.org/irsal/pdf/modulo_total.pdf)  
<http://www.sce.carleton.ca/faculty/chinneck/thesis/LASpanish.html>  
[http://www.bancomext.com/Bancomext/publicasecciones/secciones/6139/La\\_industria\\_mexicana\\_del\\_plastico.pdf](http://www.bancomext.com/Bancomext/publicasecciones/secciones/6139/La_industria_mexicana_del_plastico.pdf)  
<http://www.monografias.com/trabajos42/diagrama-causa-efecto/diagrama-causa-efecto.shtml>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_DAFO](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_DAFO)

[http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE\\_03.htm](http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE_03.htm)-  
Anexo  
[http://www.crtlabs.com/injection\\_molding\\_testing.html](http://www.crtlabs.com/injection_molding_testing.html)