CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Recolección de datos y factores importantes

Una vez encontrado los problemas principales y los secundarios (capítulo 2), es necesario hacer un resumen de datos importantes que influyan en el cálculo de la capacidad de cada máquina. Como se menciona en la sección de Estudio de capacidad en el capítulo 3, los datos que se obtengan se registrarán en la hoja de cálculo de la Empresa Automotriz, para poder calcular información que nos de una referencia para resolver el problema y para calcular la utilización de cada máquina. En la tabla 4.1, se muestran los datos necesarios que deben ser registrados en el software Microsoft Excel, los cuales fueron proporcionados por el gerente de producción del Proveedor Plástico.

Tabla 4.1 Información básica necesaria para elaboración del estudio de capacidad

Descripción	Valor
Cantidad de máquinas	11
Días laborables por semana	6
Turnos por día	3
Minutos laborables por día	1444
Comida/pausas en minutos por día	0
TSR (Tiempo de producción meta)	85%

Elaboración propia

Asimismo, se debe tener en cuenta información individual de cada pieza. En este caso, en el anexo 1 se encuentra la descripción de material de cada pieza, el cliente y la máquina que soporta cada molde.

A continuación, se debe registrar los datos numéricos de cada molde (o pieza) que esté siendo procesado en el Proveedor Plástico. Los datos que se muestran en la tabla 1, 2, 3 y 4 del anexo 2 se obtuvieron mediante documentos confidenciales proporcionados por el gerente de producción. Estos documentos contienen el requerimiento de piezas por año o mes (dependiendo del cliente), el porcentaje de desperdicio o "scrap" por pieza y los tiempos de ciclo de producción de cada molde o pieza. También se registraron factores importantes que se deben considerar, como los tiempos muertos y tiempos perdidos por problemas de diferente índole. Los datos que se muestran en el bloque 2 del anexo 2, fueron registrados con ayuda del gerente de planta, el cual se basó en datos históricos de la empresa. El último paso es asignar a cada molde la máquina que lo va a trabajar, basándose en la tabla del anexo 3.

4.2 Estudio de capacidad

Una vez llena la matriz de datos en Microsoft Excel, se lleva a cabo el estudio de capacidad, el cual no es otra cosa que sumar el porcentaje de utilización de las piezas en la máquina correspondiente, por ejemplo, si la pieza 'x' ocupa un 25% del tiempo de producción de la máquina 8 y las piezas 'y' y 'z' ocupan 20%, inferimos que la máquina 8 tiene una utilización del 65% del tiempo total de producción. En la sección de utilización, aparecerá un concentrado de datos que muestra la utilización de cada máquina ocupada y algunos datos adicionales, como los días y turnos que se laboran. En esa misma sección, todos los porcentajes de utilización serán comparados con el TRS, el cual es el tiempo de producción neto deseado. Tanto la Empresa Automotriz como el Proveedor Plástico, deben tener un TSR estándar del 85%, dejando un 15% de tiempo de máquina flexible para mantenimiento semanal, limpieza de máquina, arreglo de averías y cambios de molde. En el

caso del Proveedor Plástico seleccionado, el mantenimiento de máquinas se lleva a cabo semanalmente los días domingo, en los cuales generalmente no hay producción. En la tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos después de hacer el estudio de capacidad en la empresa proveedora.

Tabla 4.2 Utilización actual del Proveedor Plástico

PROVEEDOR	Proveedor Plástico				
	utilización				
PROCESO	EA	Total	Días	Turnos	STATUS<85%
INYECCION 650 TON.	112.9%	**112.9%**	6.0	3	NO
INYECCION 360 TON. 1	102.8%	**102.8%**	6.0	3	NO
INYECCION 220 TON. 1	85.4%	**85.4%**	6.0	3	NO
INYECCION 220 TON. 3	84.7%	**84.7%**	6.0	3	SI
INYECCION 090 TON.	84.4%	**84.4%**	6.0	3	SI
INYECCION 220 TON. 2	84.2%	**84.2%**	6.0	3	SI
INYECCION 220 TON. 4	82.2%	**82.2%**	6.0	3	SI
INYECCION 360 TON. 2	81.8%	**81.8%**	6.0	3	SI
INYECCION 140 TON .	76.1%	**76.1%**	6.0	3	SI
INYECCION 050 TON.	72.8%	**72.8%**	6.0	3	SI
INYECCION 220 TON. 5	71.5%	**71.5%**	6.0	3	SI
USA	0.1%	**0.1%**	6.0	3	SI

Elaborada mediante la matriz de capacidades de la Empresa Automotriz

4.3 Análisis de máquinas

Una vez conociendo los principales problemas que afectan la producción y las máquinas que rebasan el límite de capacidad establecido, se hará un análisis de la situación que viven las máquinas que no cumplen con dicho límite. Como se puede observar en la tabla 4.2, una máquina de 6 rebasa por poco el límite establecido, y bastará con hacer pequeños cambios para llevar a cabo una producción satisfactoria. Por otro lado, dos máquinas rebasan con mayor magnitud el límite, por lo que habrá que poner más atención en el análisis. Para evaluar las máquinas con problemas de capacidad, debemos basarnos en los problemas encontrados en el capítulo 2. Entre algunos de los factores a analizar encontramos la limpieza y organización de la zona de trabajo, el número de operadores, el

empaque y transporte de producto terminado, los cambios de molde, el abastecimiento de material y la planeación. A continuación se enlistan las observaciones principales de cada máquina, evaluadas en el piso de producción del Proveedor Plástico.

Máquina 11 (650 Tons.)

- Esta máquina excede un 27.9% el límite de capacidad establecido.
- La maneja un operador, el cual comparte el tiempo con otra máquina.
- Cuenta con una caja de material debajo de la tolva.
- El material rechazado está lejos del molino.
- El área de carga está desorganizada.
- Solo hay una máquina de 650 Tons.
- La ayuda visual no está a la vista del operador.
- En la figura 3.1 se muestra el layout de la máquina 11

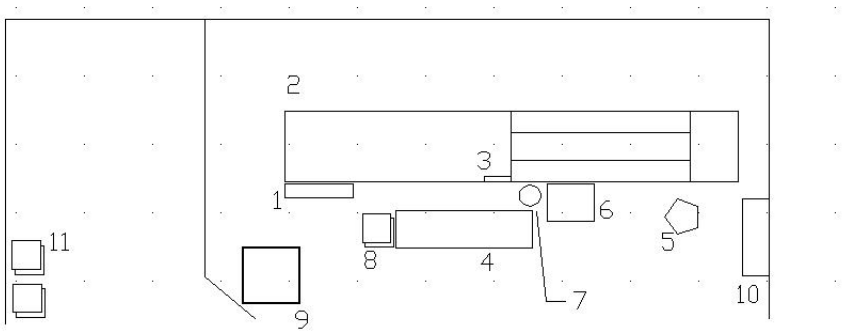

Figura 4.1 Layout de la máquina 11 (650 Tons.)
Elaboración propia

Máquina 9 (360 Tons.)

- La máquina 9 excede un 17.8% el límite de capacidad establecido.
- Cuenta con una bolsa con material, lejos de la tolva.
- El área de carga esta desorganizada.
- Los moldes para esta máquina se encuentran cerca, en la zona de moldes 3 (Figura 2.1, capítulo 2)
- Material extra (cajas, bolsas, etc.) están fuera del área de trabajo.

Máquina 4 (220 Tons.)

- La capacidad excede un 0.4% al límite aceptado.
- El material se encuentra en una bolsa, lejos de la tolva y estorba el área de carga de material.
- El área de carga se encuentra desorganizada.
- La mayoría de los moldes se encuentran separados de la máquina, en zona de moldes 1 y en la zona de moldes 2.

Máquinas restantes

En las máquinas que están dentro de los límites deseados, es necesario considerar algunos problemas generales, como la lejanía que hay entre la materia prima y las tolvas. También se encontró que la mayoría de las áreas de carga de producto terminado están desordenadas y se pierde tiempo en acomodar las cajas. Asimismo, el operador no tiene a la mano material de empaque, como cajas vacías o bolsas especiales. Por último, la organización de

los moldes no es la mejor, ya que estos se encuentran distribuidos en tres zonas y algunos quedan lejos del taller o de la máquina donde son utilizados.

4.4 Formulación y elaboración de mejoras

A continuación, se elaborará una lista de mejoras y propuestas para el Proveedor Plástico, con el objetivo de producir las piezas que se requieren por parte de la Empresa Automotriz y entregar dichas piezas a tiempo y con una calidad aceptable. Se hará una propuesta principal y dos secundarias: la propuesta principal es un nuevo método de planeación, en el cual se asignarán moldes a las diferentes máquinas de inyección, con el objetivo de utilizar la máquina el mayor tiempo posible sin rebasar el TRS de 85%; además se mostrarán datos guía que sirvan para llevar a cabo una producción aceptable en un tiempo determinado. Este programa de mejora consistirá en dos fases: en la primera se asignarán los moldes a las máquinas de inyección y se mostrarán datos detallados de producción, y en la segunda fase se asignará un orden a los moldes asignados a cada máquina siguiendo el algoritmo “Tiempo de flujo – Fecha de entrega”.

Las propuestas secundarias consistirán en pequeños cambios implementados al empaque y transporte de producto terminado, así como a la organización del área de trabajo de las máquinas. Otra propuesta secundaria será la implementación de nuevos métodos para manejar los cambios y mantenimientos de moldes.

4.4.1 Propuesta principal - Fase 1: Programa de planeación

Se desarrolló un libro mediante Microsoft Excel, al cual llamaremos “Programa de mejora”, en el cual la empresa proveedora podrá controlar y planear la producción semanal

o mensualmente. Se programará la mayoría de los cálculos mediante fórmulas con operaciones básicas, de búsqueda, de base de datos y lógicas del mismo software. En una hoja se implementarán herramientas especiales como macros y programación en Microsoft Visual Basic, el cual mostrará un escenario de cómo se podrían asignar los moldes en las máquinas. A continuación se expone de forma general el contenido de cada hoja de cálculo.

Escenario

En la primera hoja de cálculo del Programa de mejora, se debe registrar el escenario que se quiere simular, por ejemplo, la semana, el mes, etc. También se expondrá una breve guía para el usuario, la cual explica que celdas deben ser llenadas.

Datos por molde

En esta hoja de cálculo se deben registrar los moldes y su información, específicamente el número de cavidades, el tiempo de ciclo, el volumen requerido y el desperdicio de cada molde o pieza. La hoja de cálculo arrojará información importante como el volumen final, el cual contempla el desperdicio de piezas, además de calcular el tiempo (en horas por semana) necesario para la producción de dicho volumen final.

Otros datos que arroja esta hoja son el tiempo de producción necesario (en horas por día) y el porcentaje de utilización en máquina que necesita cada molde para cumplir el volumen final. En el anexo 4, se muestra la tabla correspondiente a esta hoja de cálculo.

Moldes

Esta hoja de cálculo muestra una tabla que contiene la relación entre moldes y máquinas, es decir, qué molde se puede montar en qué máquina. El orden de los moldes en la tabla es aleatorio. También muestra una tabla (la cual se llena automáticamente) que relaciona los moldes, las máquinas y el tiempo necesario de producción. Dicha tabla, a la cual llamaremos “Moldes”, será necesaria para plantear el algoritmo de asignación, el cual será planteado en la siguiente sección. En el anexo 5, se muestra la tabla de datos contenida en la hoja de cálculo.

Asignación de cargas

En la siguiente hoja del Programa de mejora, se muestra una tabla llenada automáticamente, donde se muestran los moldes junto con el tiempo necesario de producción, además de mostrar una celda adicional que muestra las horas que faltan por asignar de cada molde. En la parte inferior de la tabla, se encuentran “clusters” de celdas, los cuales representan una máquina. En cada “cluster” se puede asignar manualmente algún producto, registrando el tiempo necesario de producción, para que de esta manera se genere un porcentaje de utilización junto al molde registrado. Esta hoja de cálculo es mostrada en el anexo 6.

Por otro lado, existirá otra opción de llenado, la cual consiste en habilitar una macro de Excel, cuya función es asignar las cargas en los “clusters” automáticamente, basándose en un código hecho en Microsoft Visual Basic (VBA), cuyo contenido restringe la asignación de cargas basándose en la tabla contenida en la sección de moldes. El algoritmo utilizado

para asignar las cargas mediante programación en VBA, solo nos dará una propuesta de asignación.

La lógica del algoritmo encargado de asignar los moldes a las máquinas de inyección debe seguir los siguientes pasos:

1. Se inicializan variables que medirán el porcentaje acumulado de utilización en cada máquina (maq_1, maq_2… maq_{11}).
2. Se toma el primer molde de la tabla en la hoja de cálculo “Moldes” (Anexo 5), cuya variable llamaremos m_1.
3. Dentro de la tabla, en la fila correspondiente al molde seleccionado (m_1 en este caso), encontraremos un valor debajo de cada máquina que puede trabajar con dicho molde. La variable m_1 tomará el primer valor que encuentre en la fila, e intentará añadirlo a la máquina correspondiente. Por ejemplo, basándose en la tabla 4.3, el molde EA 1076 será la variable m_1, y el primer valor que tomará será de 1.4 (posición j = 2, i = 1), el cual intentará añadir a la máquina en donde encontró el valor (máquina 2).

Tabla 4.3 Relación Pieza-Máquina-Tiempo Producción (Sección de tabla)

j	1	2	3	4	,,,	10	11
i	**Pieza**	**50 T.**	**90 T.**	**140 T.**	**220 T.**	,,,	**220 T.**	**220 T.**
1	EA 1076		1,4	1,4	1,4			
2	TP 1192						13,2	
3	TP 1193			6,0	6,0		6,0	
4	TP 1194				4,9		4,9	
⋮	⋮							
6	AS 1197 A				28,7			

Elaboración propia

4. Continuando con el ejemplo anterior, si la sumatoria de la variable maq_2 es menor a 122.4 horas (o el 85% de utilización permitido), el valor de m_1 (1.4 horas) se añadirá a la variable maq_2. De lo contrario, el valor de m_1 seguirá siendo 1.4, pero corresponderá a otra máquina. En este caso el valor corresponde a la máquina 3, en la posición j = 3, i = 1, en la cual se añadiría el valor de m_1 si la sumatoria de la variable maq_3 es menor a 122.4 horas (o 85% de utilización). Este paso se repetirá hasta que la variable m_1 encuentre una máquina con capacidad disponible.
5. Si la variable m_1 no encuentra capacidad disponible en ninguna de las máquinas donde puede ser trabajada, pasará a un "cluster" llamado "Faltan por asignar", donde el usuario la asignará manualmente.
6. Cuando la variable m_1 haya sido asignada, se tomará el siguiente molde en la tabla "Moldes", repitiendo los pasos 2 a 5.

Es necesario tomar en cuenta que en el Proveedor Plástico se quiere minimizar el cambio de moldes, ya que esta operación representa un alto porcentaje de tiempo perdido en el ciclo de producción. Por eso, los tiempos de producción de cada molde no se podrán dividir en muchas máquinas, exceptuando casos en los que no exista otra solución. La única manera de dividir el tiempo de producción de los moldes será manualmente, a través de la asignación manual de los moldes que sean registrados en el "cluster" llamado "Faltan por asignar". La figura 4.2 muestra los pasos del algoritmo de asignación a través de un diagrama de flujo.

En la tabla superior de la hoja de cálculo, se mostrarán los moldes que ya hayan sido asignados. Continuando con el ejemplo anterior, si el valor de m_1 (correspondiente al molde

EA 1076) ya ha sido registrado, en la columna llamada “Falta” se cambiará el valor a cero, lo cual significa que faltan cero horas de producción para dicho molde.

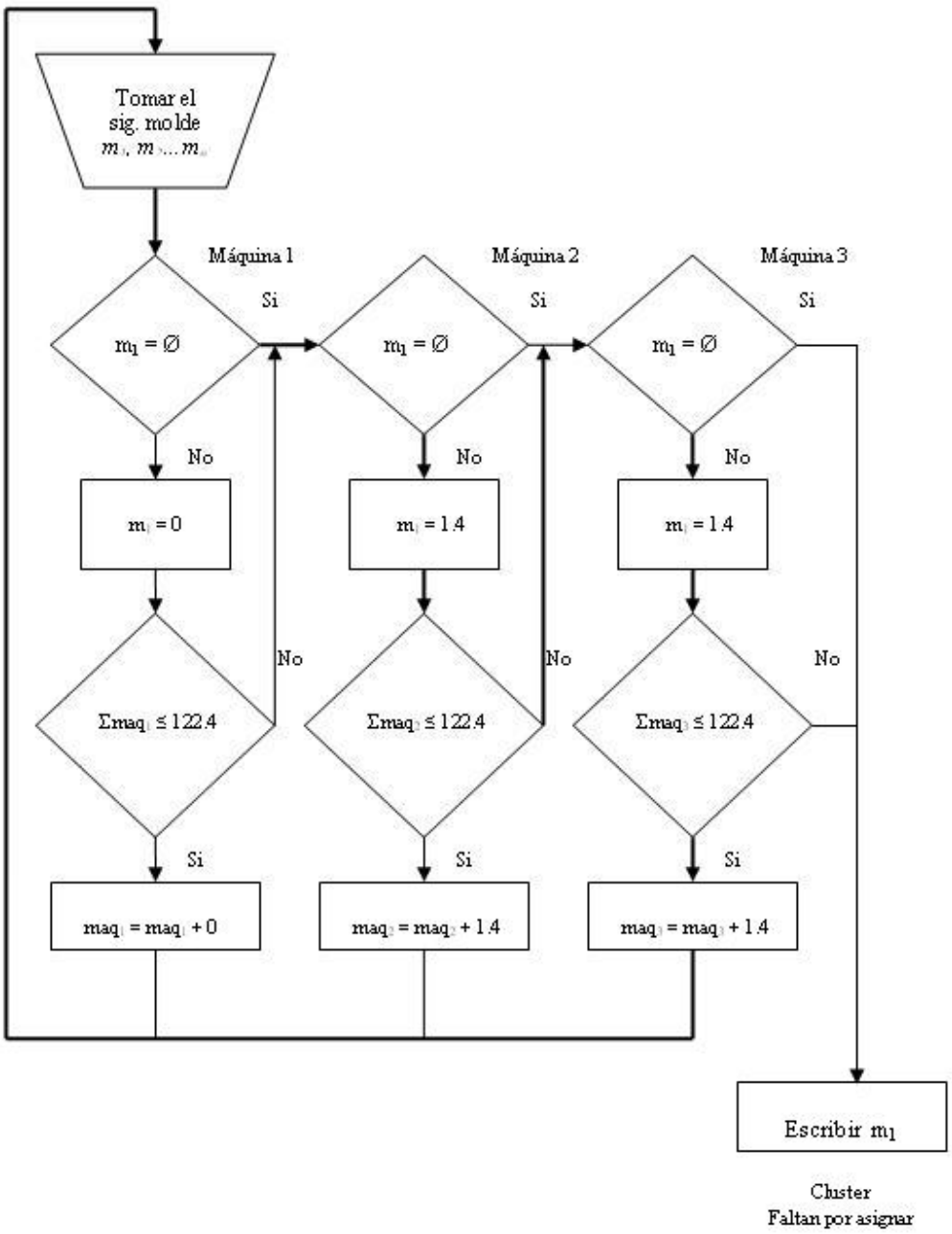

Figura 4.2 Diagrama de flujo para el algoritmo de asignación
Elaboración propia

La lógica que se seguirá para elaborar el código en Microsoft Visual Basic es la siguiente:

Se harán 3 submodelos, con nombre principal, renglones y MAQS.

- *Sub Principal*: En este submodelo se seleccionará el molde que seguirá los pasos del algoritmo. Una vez seleccionado pasa al submodelo MAQS.
- *Sub MAQS:* En este submodelo, se realizarán los pasos 3 y 4 del algoritmo, donde el molde es asignado a la máquina que lo pueda trabajar y en la que el porcentaje de utilización no haya excedido las 122.4 horas o el 85% de tiempo de producción establecido. Una vez asignado el molde, se pasa al submodelo Principal.
- De vuelta en el *sub Principal*, el molde será asignado a la máquina correspondiente y será mandado al submodelo Renglones. Si el molde no fue asignado a ninguna máquina (paso 5), se asignará al "cluster" llamado "Faltan por asignar".
- *Sub Renglones:* su función es pegar los datos en la hoja de cálculo llamada "Asignación de cargas" (Anexo 6), contenido en el Programa de mejora. Este ciclo se llevará a cabo con todos los moldes registrados.
- En el anexo 7, se muestra el código elaborado para la asignación de cargas en la hoja de Excel. Este código fue desarrollado con la ayuda de la Coordinadora de información del departamento de Desarrollo de Proveedores de la Empresa Automotriz.

Máquinas-Operadores

Después de tener un programa balanceado, se tomarán los porcentajes de utilización de cada máquina y se registran en una tabla, la cual comparará dichos porcentajes con el TRS. En caso de que el TRS sea menor, se mostrará por cuanto se excedió este límite y

cuanto representa dicho exceso en horas. En esta hoja de cálculo se muestra un escenario de contingencia, el cual muestra el tiempo y requerimiento de cada máquina en hipotéticas horas extras. Naturalmente, se tratará de evitar el uso de horas extras, ya que representan un gasto fuerte a las empresas.

Producción detallada

En esta hoja de cálculo, mostrada en el anexo 8, se expondrán los detalles de producción de cada molde (o pieza) asignado a cada una de las máquinas de la empresa. Esta tabla se llenará automáticamente y arrojará datos como el porcentaje de utilización, el porcentaje de utilización proporcional, el tiempo de ciclo, consumos de tiempo, producción basada en utilización de cada molde, volumen objetivo y cuantas piezas faltan por producir. Además, en caso de que exista una máquina con utilización superior al TRS, se mostrará una propuesta de producción basada en las horas extras necesarias.

Resumen

Se mostrará un resumen de toda la producción en la empresa. Se hará un comparativo entre volumen producido y volumen objetivo. Como resultado de esta comparación, la tabla mostrará si hay faltantes o sobrantes, dejando una holgura de 15 piezas. Finalmente, una columna recomendará checar el proceso de las piezas, de acuerdo a los datos anteriores.

Utilización

Es la hoja gráfica del libro, la cual expondrá un gráfico por máquina con los diferentes porcentajes de utilización durante toda la semana. Se podrán observar

gráficamente los porcentajes de producción, averías, mantenimiento, tiempos muertos y cambios de molde. Los cambios de molde serán calculados automáticamente, basándose en el número de moldes que haya en cada máquina. Es importante recordar que en la empresa proveedora quiere minimizar los cambios de molde, ya que representan un tiempo perdido significativo.

4.4.2 Propuesta principal – Fase 2: Asignación de prioridades

Una vez teniendo los moldes que se utilizarán en cada máquina, es necesario especificar que molde debe ser puesto en primer lugar, es decir, asignarle prioridades a los trabajos. Para ordenar las órdenes de producción, se utilizará el algoritmo Tiempo de flujo – Fecha de Entrega, el cual arroja una secuenciación colocando el trabajo más tardado hasta el final, pero respetando las fechas límite de entrega. Los cálculos serán hechos tomando "días" como unidades.

Se desarrolló en Microsoft Excel este algoritmo, el cual sigue los siguientes pasos:

1. Se suman los tiempos necesarios de producción de cada pieza o molde, obteniendo *t* (total processing time)
2. Se harán dos tablas: en la primera se registran los moldes cuya fecha límite exceda *t*, en la segunda tabla se registran los que sobren.
3. Se tomará el molde que tenga la fecha de entrega más tardía. El tiempo de producción de dicho molde se restará a *t*. El molde seleccionado será producido al final.
4. En caso de un empate en las fechas de entrega, se tomará el molde que tenga un mayor tiempo de producción.
5. Este ciclo se repite hasta haber asignado todos los moldes.

6. Por último, se obtendrá el tiempo promedio de flujo (Flow Time, *F*), calculando el promedio de las "*t*'s" que se obtengan a lo largo del algoritmo.

4.4.3 Planeación gráfica

El último paso en este método de planeación, es el elaborar diagramas que muestren el seguimiento ordenado de la producción en cada máquina, basándose en el algoritmo Tiempo de flujo – Fecha de entrega, el cual ordenó dicha producción. En el siguiente capítulo se expondrán los resultados que se obtuvieron con este libro y las referencias gráficas para facilitar el entendimiento de dicha mejora.

4.4 Formulación y elaboración de mejoras secundarias

Con el objetivo de complementar las mejoras ya propuestas, se debe analizar algunas otras mejoras que ayuden a reducir los tiempos perdidos de producción, y como consecuencia aumente la producción.

Se analizaron los procedimientos de:

- Cambios de molde
- Transporte y empaque de producto
- Alimentación a tolvas

La metodología para llevar a cabo estas mejoras, fue el hacer una comparación entre el proveedor seleccionado y otro proveedor del mismo giro, el cual está considerado como el mejor en su ramo actualmente por la Empresa Automotriz. Estas comparaciones fueron

posibles gracias a que la empresa Tableros/Puertas fue visitada por un periodo de tiempo. En el siguiente capítulo se exponen los resultados y las mejoras aplicadas, las cuales ayudarán a reducir el problema del Proveedor Plástico.