



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

FACULTAD DE INGENIERIA

## **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PRODUCCION DE UN SELLO PARA MOTOR DE COMBUSTION INTERNA PARA EL SECTOR AUTOMOTRIZ**

### **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA INDUSTRIAL**

PRESENTA:  
**OSCAR ADOLFO JUAREZ ROMERO**

DIRECTOR:  
**ING. HECTOR RAUL MEJIA RAMIREZ**



MEXICO, D. F.

2004



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.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE UN SELLO  
PARA MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA PARA EL SECTOR AUTOMOTRIZ**

**OBJETIVO:**

**MEJORAR LA EFICIENCIA Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD  
BASÁNDOSE EN EL CONCEPTO DE MEJORA CONTINUA, Y  
APOYÁNDOESE EN LOS CONCEPTOS DE CELULAS DE  
MANUFACTURA EN FORMA DE "U" Y FLUJO DE UNA SOLA PIEZA.**

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: OSCAR ADOLFO JUÁREZ  
ROMERO  
FECHA: 30/04/04  
FIRMA: 

**ALUMNO: OSCAR ADOLFO JUÁREZ ROMERO**

**DIRECTOR: ING. HÉCTOR RAÚL MEJÍA RAMÍREZ**

# **AGRADECIMIENTOS**

**A mi madre por todo el amor que me ha brindado y por estar siempre conmigo.**

**A mi padre por su cariño y ejemplo que ha sido fundamental en mi desarrollo.**

**A mi esposa por la paciencia, amor y por haberme dado lo mas importante de mi vida.**

**A mi hija Dany, por ser el motor para lograr todas mis metas.**

**A mis hermanos por ser mis mejores amigos.**

**A mis tios Alejandra, Carlos y Fernando por todo el apoyo recibido.**

## TEMARIO

### INTRODUCCIÓN

#### CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y SU PROBLEMÁTICA. PÁGINA.

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.1   | ANTECEDENTES DE LA EMPRESA   | 7  |
| 1.2   | CARACTERÍSTICAS DE LOS SELLOS PARA EL TUBO DE ESCAPE DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA LLAMADO ESPIRAL | 8  |
| 1.2.1 | ESTILOS DE SELLOS PARA EL TUBO DE ESCAPE DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA                               | 11 |
| 1.2.2 | ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SELLO PARA UN TUBO DE ESCAPE DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.                | 13 |
| 1.3   | SITUACIÓN ACTUAL   | 15 |
| 1.3.1 | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO  | 15 |
| 1.3.2 | DEMANDA E INDICADORES DEL PROCESO  | 21 |
| 1.3.3 | PROBLEMAS OBSERVADOS EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN   | 22 |

#### CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL UTILIZADAS.

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.1   | MEJORA CONTÍNUA (KAIZEN)   | 25 |
| 2.2   | JUSTO A TIEMPO (JIT)   | 26 |
| 2.3   | FLUJO DE PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA   | 28 |
| 2.3.1 | COMO LOGRAR LA PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA   | 29 |
| 2.3.2 | REGLAS Y CONDICIONES DE LA PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA                                   | 31 |
| 2.4   | SISTEMA KANBAN EN PROCESO  | 32 |
| 2.4.1 | USO DE SEÑALES EN EL SISTEMA KANBAN  | 32 |
| 2.4.2 | ESTABLECIMIENTO DE BUFFERS (PEQUEÑOS INVENTARIOS EN PROCESO) ENTRE OPERACIONES       | 34 |
| 2.4.3 | REGLAS QUE UTILIZA EL SISTEMA KANBAN   | 36 |
| 2.5   | ESTUDIOS SMED (MONTAJES EN MENOS DE UN MINUTO)                                       | 37 |
| 2.5.1 | ETAPAS DE UN ESTUDIO SMED (MONTAJES EN MENOS DE UN MINUTO)                           | 39 |
| 2.6   | CÉLULAS DE MANUFACTURA EN FORMA DE "U"   | 41 |
| 2.6.1 | CÁLCULO DEL TIEMPO RITMO Y NÚMERO DE OPERADORES REQUERIDOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN | 42 |
| 2.7   | ELIMINACIÓN DEL DESPERDICIO TÉCNICA DE LAS CINCO ESES (5S's)                         | 45 |
| 2.8   | TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES  | 47 |

|   |  |     |
|---|--|-----|
| <b>CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL APLICAR LAS HERRAMIENTAS MENCIONADAS.</b> |  |     |
| 3.1   | ANÁLISIS DEL PROCESO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA KANBAN   | 49  |
| 3.1.1   | CÁLCULO DE LA MANO DE OBRA Y TIEMPO RITMO  | 56  |
| 3.1.2   | INTERPRETACIÓN DE LOS CÁLCULOS   | 70  |
| 3.2   | CASO SMED DURANTE EL ANÁLISIS DEL TIEMPO RITMO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ELIMINACIÓN DE LOS DESPERDICIOS (5 S's) | 74  |
| 3.3   | GESTIÓN VISUAL EN PROCESO  | 78  |
| <b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.</b>                   |  | 82  |
| <b>CONCLUSIONES.</b>  |  | 86  |
| <b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.</b>  |  | 88  |
| <b>ANEXOS.</b>  |  | 91  |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.</b>  |  | 102 |

## INTRODUCCION.

Debido a la situación tan difícil que se vive en el mundo, donde existe tanta competencia en la fabricación de productos de distintas clases, es necesario que las empresas se actualicen y adopten diversas técnicas para hacer eficientes sus procesos y hacerlos más rentables, para seguir compitiendo en el mercado.

En la rama automotriz, existen cuatro grandes productores de carros en el mundo, los cuales son Daimler Chrysler, General Motors, Ford y Nissan, los tres primeros, deciden incorporarse y adoptar los estándares internacionales de calidad ISO-9000 pero son normas muy generales, estos deciden hacer un solo estándar que tiene el nombre de QS-9000 bajo el cual todos los proveedores de partes para el ensamble de los automóviles deben adoptar para poder vender sus productos y, así mismo estas tres grandes empresas tengan la completa seguridad que el producto que reciben es de la más alta calidad, para la fabricación de automóviles con la mejor calidad, ya que ellos piensan que a medida que la calidad y el servicio sean mayores podrán vender más. La cuarta empresa Nissan empresa japonesa tiene sus propios estándares de calidad diferentes a los de las otras empresas anglosajonas.

La empresa donde se realizó el estudio, es proveedora de diversos sellos de hule, de papel, de grafito, para los motores de combustión interna de Chrysler, Ford y General Motors. Esta empresa logró su certificación QS-9000 en 1998 comenzando a trabajar en el estado de Saltillo Coahuila, posteriormente se traslada al Estado de México en Tepetzotlan en 1999, en donde hay otra planta del mismo genero, por lo que al moverse de lugar se tiene que volver a re-certificarse<sup>1</sup>, en ese mismo año.

Así comienza una seria transformación en forma mundial y se empieza a utilizar los conceptos de sistema kanban, la teoría de las restricciones (que trata de identificar y explotar el cuello de botella), la metodología para la eliminación de los

desperdicios usada por los japoneses llamada 5S's, y las células de manufactura en forma de "U" para lograr controlar el flujo del proceso, disminuyendo los desperdicios, y aumentando la salida de producto terminado, mejorar la calidad de los mismos, para finalmente ser empresas competitivas, pero el objetivo primordial es competir en un mercado que cada día que pasa se vuelve más demandante.

Al inicio el cambio fue muy difícil ya que existía una oposición por parte de todos los empleados de la planta, pero a medida que se iban familiarizando con las técnicas mencionadas, fue cambiando radicalmente la forma de pensar del personal y finalmente, se adoptaron estas técnicas en la empresa dando resultados asombrosos, esto es, reduciendo el desperdicio, tanto de piezas como de tiempo, además de aumentar la eficiencia y aumentar la productividad.

Finalmente, esta empresa sigue dentro de las compañías más rentables del mundo, pero la meta es seguir mejorando día con día, para seguir siendo competitivos.

A medida que vayamos avanzando en el presente trabajo, veremos algunos beneficios de utilizar estas técnicas de la Ingeniería Industrial y cómo se fue aplicando en la manufactura de sellos para el motor de combustión interna.

---

<sup>1</sup> El cliente se asegura que el producto que será suministrado sigue teniendo la calidad requerida

## **CAPITULO 1**

### **ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y SU PROBLEMÁTICA**

## 1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Mogul es una empresa estadounidense que se dedica a la fabricación de sellos para la industria automotriz, estos son de hule, de grafito y de papel. Esta planta se encuentra ubicada en Tepotzotlan Estado de México y pertenece a la división de sistemas de sellado para motores de combustión interna. Sus productos más importantes son las juntas de cabeza de cilindros que sellan el monoblock con la tapa de punterías y otros sellos llamados “espirales”, que son sellos que van en el tubo de escape de un motor de combustión interna, y su función básica es unir el tubo de escape del motor y el catalizador. Estos productos se exportan a Estados Unidos a las plantas de ensamble de motores de FORD y GM.

El problema principal en esta fábrica es la baja productividad, los serios problemas de calidad, provocados por el desorden existente en los centros de trabajo que finalmente, se traduce en pérdidas.

Es por esto, que Mogul se pone como meta, fabricar sellos con la mejor calidad eficientando sus procesos y aumentando su productividad. Es aquí donde hacen su aparición las herramientas de la Ingeniería Industrial, como el llamado Sistema Kanban que es una variante del Justo a Tiempo que se basa en la utilización de señales para controlar el flujo de los materiales y de producción, otra herramienta son las celdas de manufactura en forma de “U”, la cual busca optimizar el recurso (de mano de obra), cabe mencionar de la aplicación de la filosofía de las 5 s’s que es una metodología para la eliminación del desperdicio, también se utilizaron los diagramas causa y efecto para el análisis de los problemas, por último. el diagrama de Pareto de primer nivel, y la teoría de las restricciones que se basan en encontrar y explotar los cuellos de botella en un proceso de manufactura.

En este trabajo se dará solución a los principales problemas de desperdicio, eficiencia y aumento de la productividad, en la fabricación de un sello que va en el tubo de escape para un motor de combustión interna (llamado espiral) haciendo uso de las herramientas de la Ingeniería Industrial ya mencionadas.

## 1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SELLO PARA EL TUBO DE ESCAPE DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA LLAMADO “ESPIRAL”

El concepto del sello para el tubo de escape del motor de combustión interna llamado “Espiral” (en inglés “Spiral Wound Gasket”<sup>2</sup>) fué originado por una empresa llamada “Flexitalic” en 1912, inaugurando el inicio de una era en seguridad y efectividad en el sellado de dos superficies en su unión. El propósito primario para este desarrollo fué el incremento considerable de la temperatura y presiones usadas en las operaciones de la primera refinería de Estados Unidos en la primera mitad de este Siglo.

Cuando aparece el motor de combustión interna, el efecto de las variaciones de la presión y la temperatura, a través del tubo de escape de gases y la unión con donde están los tornillos, demandan un sello con la adecuada flexibilidad para mantenerlo en las mejores condiciones de operación. La espiral de Flexitalic ayudó a resolver el problema ya que debido a su material, grafito<sup>3</sup> y mica<sup>4</sup> permitió llegar a una media entre la temperatura y la presión.

Un sello en forma de espiral va ensamblado en dos puntos del motor de combustión interna principalmente, a la salida de la cámara de combustión y también en la unión del catalizador con el tubo de escape (figura 1 de la página 9).

---

<sup>2</sup> [www.flexitalic.com](http://www.flexitalic.com), página de empresa que se dedica a la fabricación de espirales para la industria petrolera que en su inicio empezó a trabajar las espirales para la industria automotriz.

<sup>3</sup> Grafito. Material que es sacado de piedra y tiene la función de sellar superficies que trabajarán a altas temperaturas

<sup>4</sup> Mica. Material de relleno que lleva el espiral y que tiene como función sellar a altas temperaturas sin degradarse.

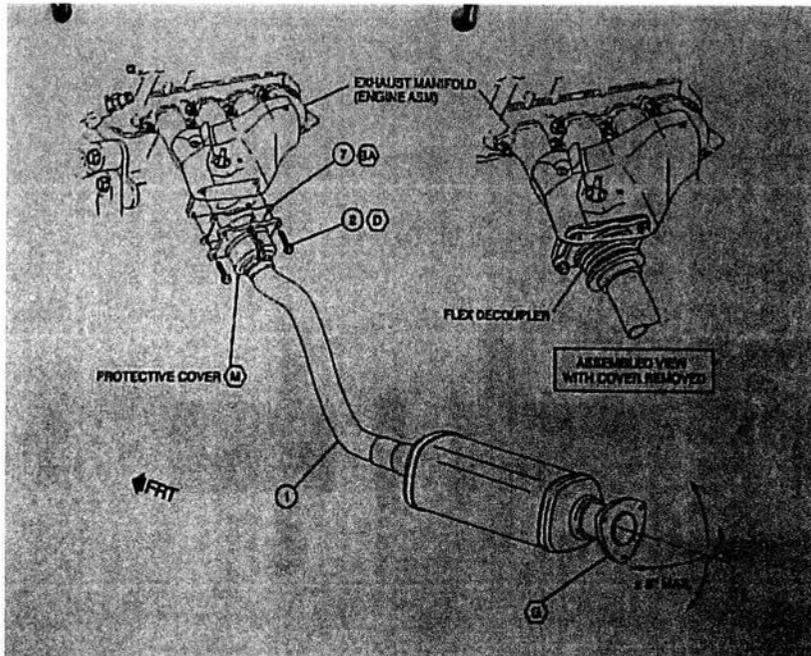


Figura 1. Esquema de ensamble en el motor de combustión interna.

En la figura 1, las palabras en inglés se traducen:

- |                  |   |   |
|------------------|---|---|
| EXHAUST MANIFOLD | = | Tubo de escape.                                       |
| FLEX DECOUPLER   | = | Tubo flexible.  |
| 7 BA             | = | Espiral con ring de fijación.                         |
| 2D               | = | Tornillos de fijación.                                |
| M                | = | Cubierta protectora en la pipa <sup>5</sup> o flange. |
| 1                | = | Tubo que va hacia el catalizador.                     |
| G                | = | Espiral a la salida del catalizador.                  |

<sup>5</sup> Pipa o flange es la unión llamado hembra y macho donde se aloja la espiral. [www.flexitalic.com](http://www.flexitalic.com)

En la figura 2 y 3 podemos ver una sección del tubo de escape (flange o pipa) que es el lugar donde va ensamblado el espiral.



Figura 2. Alojamiento del espiral  
(Flange o pipa).

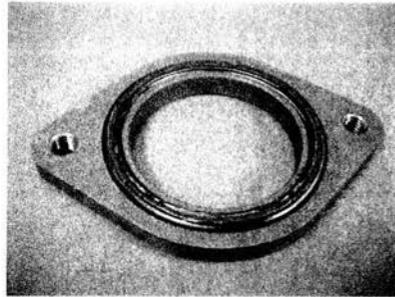


Figura 3. Espiral ensamblada en la pipa.

Las principales razones para usar este tipo de sellos en el motor de combustión interna son las siguientes:

1. Demasiado gas, producto de la combustión antes de llegar al convertidor catalítico que contiene hidrocarburos que no son quemados, presentan problemas de contaminación por emisión a la atmósfera si se fugan antes de pasar por el convertidor.
2. El ingreso de oxígeno del aire en el sistema de expulsión pueden dañar los sensores de oxígeno que rodean el catalizador. El sistema de administración del motor puede ser dañado seriamente, es decir, puede disminuir el tiempo de vida. Es por esta razón que este tipo de sello tiene una gran importancia en el motor de combustión interna.

Tradicionalmente, los sellos de grafito han sido usados para las uniones de los tubos de escape dada su característica de trabajar a altas temperaturas y presiones del aceite y los químicos utilizados en las industrias nucleares en donde los tubos son muy grandes.

### 1.2.1 ESTILOS DE SELLOS PARA EL TUBO DE ESCAPE DEL MOTOR DE C.I. LLAMADO “ESPIRAL”<sup>6</sup>

1. Estilo CG: Este tipo de espiral, utilizar un arillo (que se le llama ring) externo que tiene la función de centrar el sello en la unión del tubo de escape y evitar que se salga al momento de su instalación. (Figura 4).

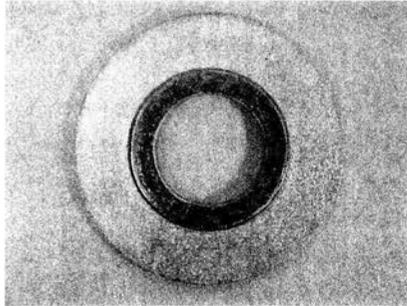


Figura 4. Espiral con arillo externo.

2. Estilo CGI: Esta espiral además de llevar arillo en el exterior, también lleva un arillo en el interior, estos dos rings tienen la función de proteger al sello de la corrosión de la pipa (tubo de escape) y las altas temperaturas, además de aumentar el límite de la compresión que sufre el sello. (Figura 5).

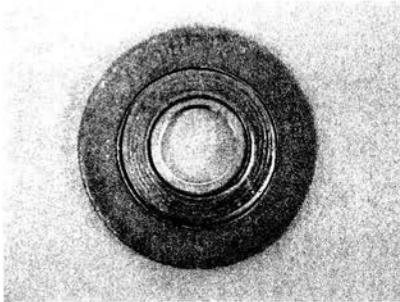


Figura 5. Espiral con doble arillo.

<sup>6</sup> Información obtenida en página de internet [www.flexitallic.com](http://www.flexitallic.com).

3. Estilo RIR: Esta espiral lleva un anillo metálico en el diámetro interno que tiene la función de detener la deformación que sufre el sello y son diseñados para prevenir la acumulación de sólidos, minimizando la erosión de las superficies del flange. (Figura 6).

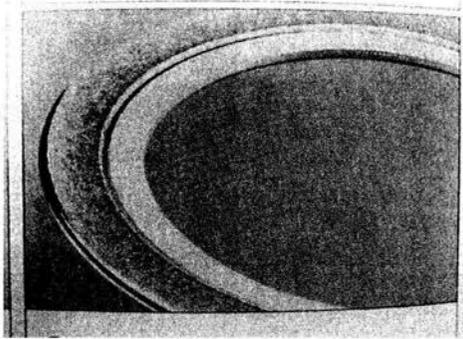


Figura 6. Espiral con ring interno.

4. El estilo R: Es la construcción básica en donde el diámetro interior y exterior van reforzados de varias vueltas de metal sin material, en el interior se combinan vueltas con acero y grafito y/o mica, dando una mejor estabilidad y compresión. Además de ser fácil su manufactura. (Figura 7).

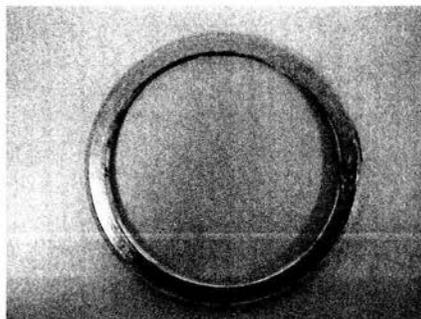


Figura 7. Espiral combinada.

5. Una variante de los espirales tipo "R" es el llamado "LS" tiene la característica de que el material de relleno grafito y/o mica, sobresalen de la espiral, es decir, el acero que lleva es de un ancho más pequeño, por lo que, cuando se forma el espiral, el material de relleno se ve, el acero no.

Se comenta que el producto más importante de Mogul son los espirales de estilo "R" y "LS", por su facilidad de manufactura fabricándose tres tipos:

- A. Espiral con grafito.
- B. Espiral con mica y grafito.
- C. Espiral con grafito y un arillo soldado.

### 1.2.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SELLO PARA EL TUBO DE ESCAPE DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA LLAMADO "ESPIRAL"

Una espiral se compone de varias vueltas de acero y vueltas combinadas con grafito y/o mica según sea requerido. Si vemos un corte transversal de una espiral se vería de la siguiente manera: (Figura 8).

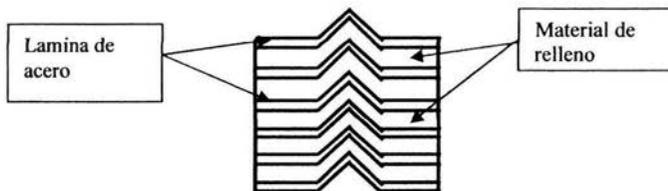


Figura 8. Corte transversal de un espiral.

Si observamos la figura 8, se refiere a un corte transversal (vista frontal) en donde se pueden observar las vueltas de acero que lleva la espiral y el "Material de relleno" que es el material que va dentro del espiral y puede ser grafito o mica o ambos.

En la figura 9, se muestra como esta ensamblada una espiral en el Flange o Pipa de un motor de combustión interna:

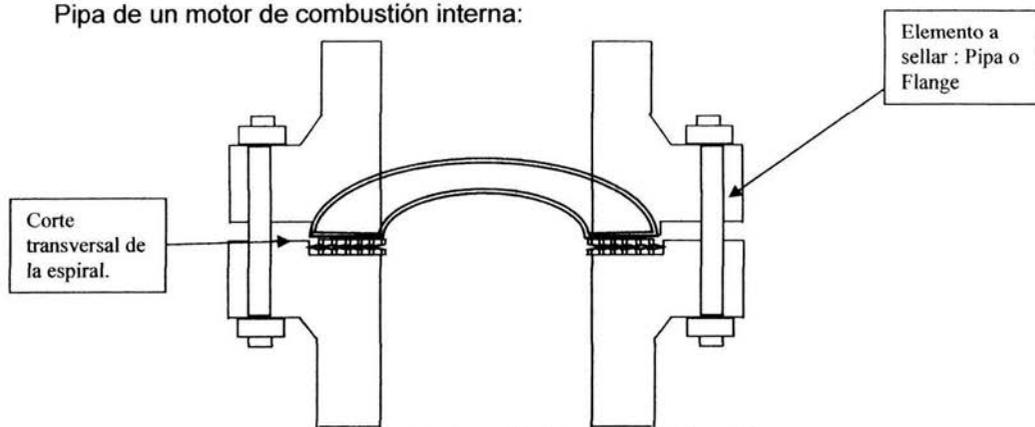


Figura 9 . Ensamble de espiral en la Pipa o Flange.

### 1.3 SITUACION ACTUAL

#### 1.3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación del sello para el tubo de escape del motor de combustión interna se describirá en el siguiente diagrama de flujo.

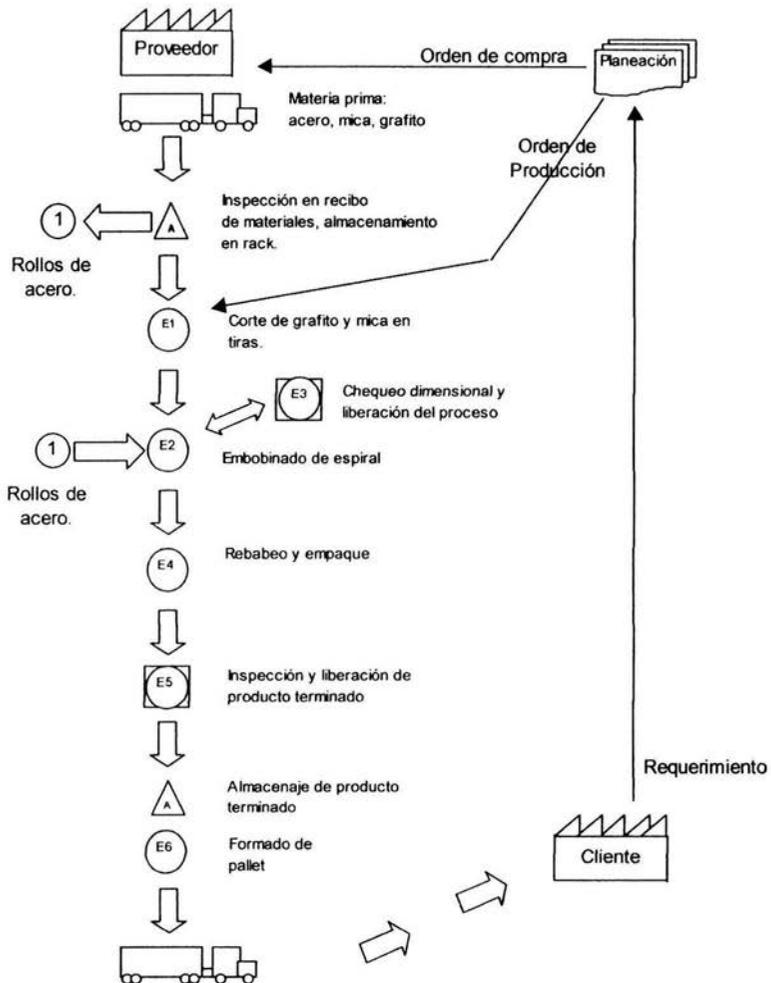


Diagrama 1. Proceso de fabricación de un sello espiral.

A continuación se describirá el diagrama 1, proceso de fabricación de un sello en forma de espiral.

El proceso comienza cuando el cliente hace un requerimiento por vía electrónica de producto, al llegar este requerimiento, se emite una orden de compra a los proveedores mandando por camión el embarque que llegará en cuatro semanas. Una vez que llega la materia prima a la fábrica, se procede a transportarla al almacén de materia prima, aquí se revisa que todo llegue en orden, la documentación como certificados de calidad, sus propiedades físicas y químicas, si todo esta bien, se libera poniéndole el sello verde que significa que puede utilizarse ese material. La materia prima que se utiliza en la fabricación de una espiral llega en forma de rollos de grafito, de mica y de acero, estos ya liberados se transportan al área de embobinado, para así comenzar el proceso de fabricación, la distancia que recorre el material desde el camión hasta el área de embobinado es de 78 metros y los rollos son colocados sobre una mesa para que sea cortado en tiras posteriormente.

La operadora coloca los rollos en un gancho y jalará la tira para que con ayuda de una guillotina y un metro corte la tira, este es el primer corte que se le realiza al material, posteriormente se hace pasar la tira por un rodillo que tiene cuchillas calibradas a cierta separación una de otra, que al pasar la hoja a través de estas cuchillas, la corta en tiras más pequeñas que van colocándose en una canaleta que es un tubo de PVC cortado a la mitad, cuando está llena se transporta hasta una máquina semi-automática, que se describirá en el siguiente párrafo con detalle, cuando está en la máquina la operadora irá tomando de tira en tira para alimentar la máquina. El rollo de acero es colocado atrás de la máquina para alimentarla en forma automática.

Antes de continuar se explicará brevemente la máquina semi-automática. Esta es una máquina que fue desarrollada por la empresa Flexitallic que solamente se utiliza para este tipo de proceso. La velocidad de giro del mandril es de aproximadamente 800 revoluciones por minuto. El dispositivo para botar la pieza tiene la forma del mandril, y por medio de un controlador manda una señal

accionando el botador y así sacar la pieza. Físicamente la máquina luce como en la siguiente figura 10.

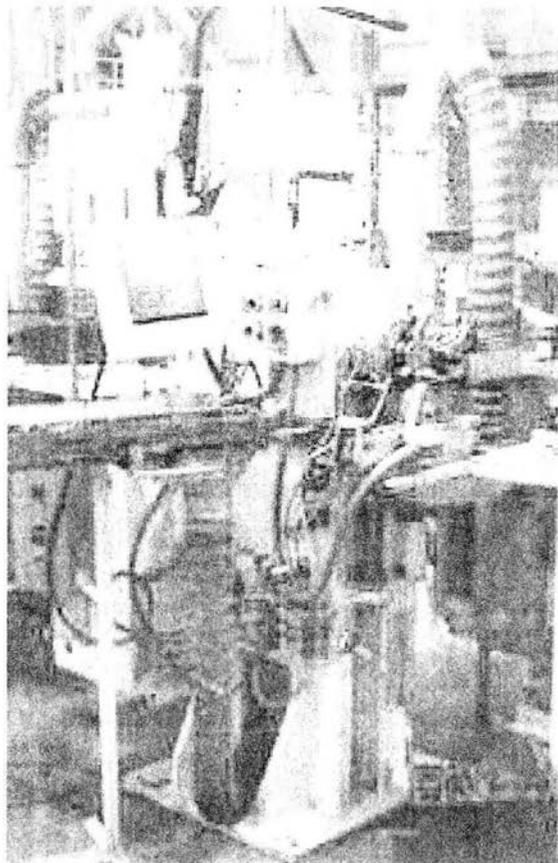


Figura 10. Máquina semi-automática.

En la máquina se coloca una herramienta llamada "mandril" que tiene la forma circular y tiene una ranura en donde se colocara el acero que a su vez girará formando el grosor de la espiral (figura 11 página 18). Antes de colocar el acero en la ranura, este es preformado por la presión que ejercen unos rodillos formadores, que se ven de igual manera en la figura 11.

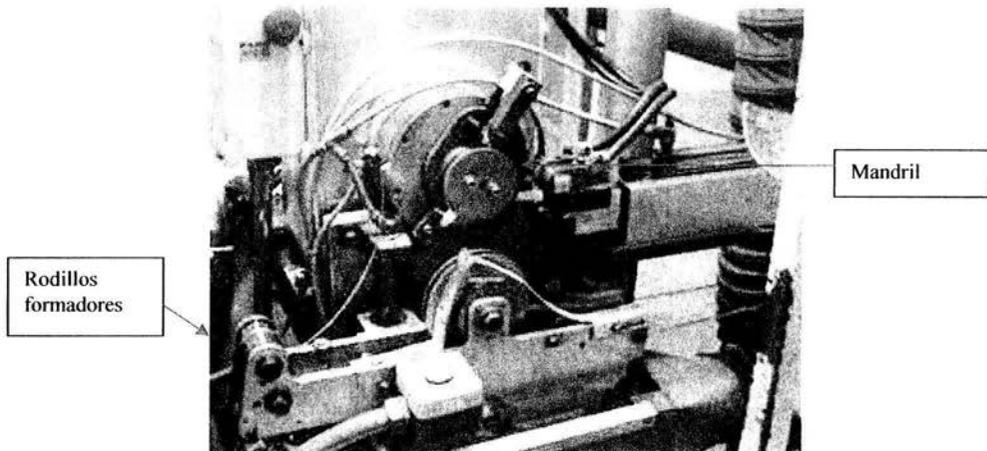


Figura 11. Mandril y rodillos formadores.

El número de vueltas se controlan a través de un panel en donde se teclea el número de parte a trabajar y automáticamente se cargan los datos del número de vueltas, presión, y velocidad de giro. (Figura 12).

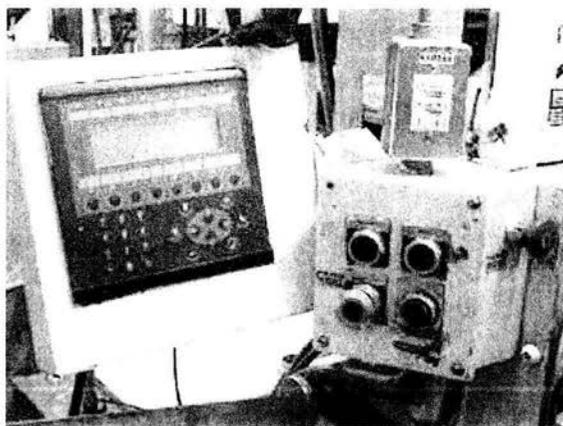


Figura 12. Panel de control máquina semi-automática.

En el proceso de embobinado (o formado de una espiral) hay cinco características importantes a controlar, las cuales se enuncian a continuación:

1. **El ancho del espiral:** Esta característica es proporcionada por el plano del producto dada la aplicación que va a tener, esto es, sellar el tubo de escape con la salida de la cámara de gases del motor. Esta característica es controlada por los rodillos de preformado y por el ancho del mandril, además del ancho de las tiras de relleno.
2. **El diámetro interno:** Esta característica es controlada por el diámetro del mandril y no tiene mucho problema, ya que este diámetro se conserva igual, a menos de que el mandril este fuera de especificación.
3. **Diámetro externo:** Esta característica es controlada de dos maneras:
  - Por la cantidad de material que lleva el espiral, es decir, las vueltas de acero, combinadas con el material de relleno.
  - La presión que ejerce la polea sobre el mandril, ya que, a medida que la presión es mayor la pieza se va haciendo más pequeña. Si la presión es menor, la pieza se hace más grande.
4. **Puntos de soldadura:** Esta característica es controlada por unos electrodos redondos que por medio de una chispa que derrite el metal y lo une.
5. **Apariencia:** Es decir que el material de relleno no este desalineado y/o la pieza tenga falta de material ya que en el proceso de embobinado, la operadora puede no meter bien el material de relleno.

En el ajuste de la máquina se deben de cuidar estas cinco características, elaborando las 3 primeras piezas a las cuales se les realiza una prueba de compresión que sirve para simular el torque y el esfuerzo que sufrirá el espiral en el momento de su instalación en el motor y se le revisará dimensionalmente. La prueba de compresión consiste en aplicar presión sobre el espiral y debe de quedar de un cierto espesor (3.3 milímetros), si no es así, la prueba sale no aceptada o simplemente el espiral se revienta. Esta prueba se realiza en el laboratorio de metrología, donde se encuentran todos los dispositivos de medición, por lo que hay

que llevar la espiral del área de embobinado al laboratorio para su liberación, en este proceso se recorre 27.5 metros y dura aproximadamente 18 minutos.

Si la prueba sale fuera de especificación, se tiene que volver a ajustar la máquina, esto se realiza para cada máquina y para cada número de parte, teniendo en ocasiones que regresar a la máquina a realizar el ajuste correspondiente y volver a realizar la prueba, en este proceso se recorren 55 metros y se emplean 35 minutos.

Ya que la pieza pasó la prueba, se libera el proceso, se regresa a la máquina (recorriendo 27.5 metros y se emplean 3 minutos) y se comienza a embobinar las espirales. Ya que se embobinó un lote (300 piezas), se transporta al área de rebabeo en canastillas, recorriendo 35 metros, y se emplean 3 minutos.

En la operación de rebabeo, a la espiral se le quita una rebaba que queda en el interior, siendo muy importante ya que si no se le quita, no se podrá instalar en el motor. Una vez rebabeados los lotes, se empacan allí mismo y se coloca la etiqueta de identificación y se lleva a la mesa de inspección final en donde se revisará el empaque y se tomará una muestra del producto terminado para finalmente ser liberado, se recorren en esta operación 3 metros y se emplean 3 minutos en hacerla.

Cuando el material esta liberado se transporta al almacén de producto terminado y cuando se requiera mandar material a algún cliente, se forma el pallet<sup>7</sup> con los números de parte requeridos, finalmente se transporta el pallet al camión que hará llegar el producto al cliente. Si observamos el diagrama de flujo (Anexo B, página 92) podemos ver que tenemos un recorrido total de 213 metros y un tiempo de proceso de 5.48 horas, siendo 53 minutos debidos a los recorridos del material. Y la distribución actual de los centros de trabajo, lo podemos observar en el anexo A, página 91.

---

<sup>7</sup> Las cajas cerradas son colocadas encima de una tarima de madera y se emplea con hule protegerlas.

### 1.3.2 DEMANDA E INDICADORES DE PROCESO

La demanda mensual en el año 2000 era de aproximadamente 325,450 piezas, se contaban con 7 máquinas embobinadoras, y en cada máquina se fabricaban 180 piezas por hora y teniendo en el primer turno 8.33 horas disponibles, en el primer turno se fabricaban 10,495 piezas, tomando además 21 días laborables por mes en promedio. En el segundo turno se trabajaban 7 horas y se fabricaban 8,820 piezas.

Pero como no se controlaba el desperdicio el porcentaje mensual era del 8.07% y por esto, se tenía que fabricar 351,714 piezas por lo que era necesario trabajar tiempo extra un total de 18.5 horas cada mes teniendo además un operador por cada máquina y un rebabeador, siendo un total de 34 operadores en los dos turnos distribuidos de la siguiente manera:

|                | Primer turno | Segundo turno |
|----------------|--------------|---------------|
| Lider          | 1            | 1             |
| Embobinadoras  | 7            | 7             |
| Rebabeadoras   | 7            | 7             |
| Soldadoras     | 2            | 2             |
| Total personas | 17           | 17            |

### 1.3.3 PROBLEMAS OBSERVADOS EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN

En esta empresa existen dos problemas principales, uno de ellos es el transporte excesivo de materia prima y el producto terminado a través de la planta generados como consecuencia de la ubicación de los centros de trabajo ya que estos, están distribuidos por áreas separadas en donde se realizan tareas específicas como se explicó en los párrafos anteriores. Además si observamos el anexo A página 91, se refiere al diagrama de flujo de proceso de fabricación de una espiral en donde tenemos dos datos muy importantes que son:

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Tiempo total de fabricación de un lote de espiral: | 329 minutos (5.48horas) |
| Distancia total recorrida:                         | 213 metros.             |

Se mencionará que un lote es igual a 300 piezas fabricadas y la distancia total recorrida, es desde que llega la materia prima a la planta hasta que sale como producto terminado.

El otro problema observado es, lo ineficiente del proceso y la baja productividad de la línea de producción que se tiene en el proceso de fabricación de un espiral, dado que se trabajaba “por lotes”, generando un exceso de inventario en el proceso y un alto porcentaje de desperdicio dando como consecuencia que no se ataquen los problemas oportunamente, ya que si se tiene un problema en el embobinado de un espiral, este no se sabrá hasta que llega al área de rebabeo y empaque, siendo finalmente desechado por que el material se encuentra fuera de especificación o bien defectuoso.

Si observamos los anexos E página 95 y F página 96, se muestra como se comportó la producción desde enero del año 2000 hasta marzo del 2001, si se pone especial atención a los indicadores de salida, podemos observar el desperdicio,

utilización de maquinaria y productividad y si promediamos los valores durante este periodo de tiempo tenemos:

|                    |        |
|--------------------|--------|
| % de Salida        | 96.864 |
| % de Desperdicios  | 08.073 |
| % de Utilización   | 89.026 |
| % de Productividad | 79.337 |

El porcentaje de salida esta definido por el cociente de la producción programada entre la producción real, el porcentaje de desperdicio fue del 8% siendo un valor muy alto. El porcentaje de utilización lo podemos definir como el tiempo real que se trabajo las máquinas entre el tiempo programado y finalmente el porcentaje de productividad esta dado por la multiplicación del % de Salida dado en fracción por el % de utilización dado en fracción por (1-%de desperdicio dado en fracción) y todo esto multiplicado por cien.

En el siguiente capítulo se dará solución a estos problemas, aplicando la mejora continua, uso de señales viajeras y celdas de manufactura, ya que todas las empresas que pertenecen a Mogul a nivel mundial, estaban adoptando estas técnicas por imposición global.

## **CAPITULO 2**

### **DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL A USAR**

## 2.1 MEJORA CONTINUA (KAIZEN).

La palabra **KAIZEN**<sup>8</sup> tiene sus raíces en el país del sol naciente en donde los industriales estaban logrando mayores eficiencias utilizando conceptos de manufactura esbelta, disminuyendo lo más que se podía los desperdicios de tiempo y de producción. Hay dos objetivos de esta disciplina, uno es “Crear un tipo de ambiente con flujo de una sola pieza” y el segundo es encarar los problemas en el momento que suceden. Con esto se resalta que una operación delgada (cuello de botella), manejada como es debido, los defectos o problemas se descubren de inmediato y las soluciones se buscan enseguida, usando las técnicas que sean requeridas, como son estudios SMED(cambio de herramientas o montajes en menos de un minuto) para agilizar los tiempos de montaje, fabricación de dispositivos poka yoke que mejoran la calidad del producto y eliminan los errores humanos, estos conceptos se explicarán a fondo más adelante.

Cuando los productores de automóviles de Estados Unidos quería volverse esbeltos, se dirigieron a sus competidores asiáticos para obtener información y respuestas, la pregunta que se hacían era ¿qué estaban haciendo para reducir costos y producir vehículos más eficientes en rendimiento de combustible y, sobre todo, más baratos que los suyos?. Fue ahí cuando aprendieron que la clave del éxito estaba en el “TPS” Sistema de Producción que Toyota utilizó, desarrollado por el ingeniero Taiichi Ohno, que fué la culminación de más de 23 años de investigación y análisis de los sistemas de manufactura y fue considerado el responsable del éxito de esta compañía de automóviles, en especial durante la década de 70’s.

El concepto de manufactura esbelta significa fabricar sólo lo que el cliente necesita, cuando se requiera y en las cantidades ordenadas, reduciendo al mínimo el tiempo de entrega de los productos terminados, la cantidad de mano de obra

---

<sup>8</sup> KAIZEN La clave de la ventaja competitiva Japonesa, MASAAKI IMAI, editorial CECSA. Su significado es mejora continua.

necesaria, el espacio de piso que se requiera y con la calidad mas alta, por lo regular al menor costo. A esto le llamamos “Mejora Continua (Kaizen)” y todas las técnicas que veremos más adelante, forman parte de esta metodología de trabajo.

## **2.2 JUSTO A TIEMPO (JIT)**

Justo a tiempo<sup>9</sup>, producción esbelta y cero inventarios son los nombres para indicar esencialmente lo mismo: un sistema de movimiento de material a través de una fábrica que requiere un mínimo de inventario. El sistema Justo a Tiempo tiene sus inicios en la situación de Japón después de la Segunda Guerra Mundial, ya que las empresas devastadas, contaban con poco dinero, y no podían darse el lujo de tener en exceso de inventario. Es así como la producción esbelta nació como necesidad y que fue perfeccionada en Toyota por Taiichi Ohno, que además la utilizaron para reducir el desperdicio en la producción.

El sistema de producción Justo a Tiempo, es el desarrollo de un sistema, que proporciona a la siguiente operación la cantidad de piezas exacta, precisa en el tiempo necesario y en la cantidad que se requieren.

El Justo a Tiempo se concentra en fabricar productos de calidad, en la cantidad necesaria, y cuando sea necesario, además expone los desperdicios y hace la mejora continua posible.

En palabras simples, se lleva el número exacto de unidades requeridas a cada nivel de producción sucesivo, en el tiempo apropiado, utilizando los mínimos recursos de personal, material y maquinaria. Cuando es implantado, Justo a Tiempo trabaja recortando el tiempo de entrega, reduciendo el tiempo transcurrido en trabajos sin procesar, reduciendo el inventario, mejorando el equilibrio entre diferentes procesos y clarificando los problemas.

---

<sup>9</sup> Operation Management. A value – driven approach. Melnyk & Denzler. Publications Irwin.

Dos desarrollos fueron la clave del éxito de este nuevo método de producción en masa: el sistema **Kanban** (sistema a base de señales) y el sistema de intercambio de herramientas en un minuto (sistema SMED<sup>10</sup>, single-minute exchange of dies). Estos dos conceptos se explicarán más adelante en las páginas 32 y 37 respectivamente

Las ideas fundamentales del sistema Justo a Tiempo son:

1. Conexión de procesos. Consiste en comprender el flujo general de proceso, de forma que pueden manejarse y organizarse los puntos para lograr una máxima eficiencia conectando el flujo de materiales a través de la fábrica del almacén y fijar un mecanismo de identificación y eliminación de las limitaciones operacionales, que restringen el flujo de materiales al cliente.
2. Justo a Tiempo es un sistema de tracción o "Sistema llamado también de jalar". Ya que la producción sólo se inicia cuando se solicita.
3. Justo a Tiempo se extiende más allá de los límites de la fábrica ya que debe de existir relaciones especiales con los proveedores para asegurar que las entregas se hagan cuando se necesiten. Los proveedores y los fabricantes deben de estar ubicados muy cerca, para que el diseño del sistema incluya a los proveedores.
4. Los beneficios del Justo a Tiempo van más allá de ahorros en los costos relacionados con el inventario. Los problemas de calidad pueden identificarse antes de que crezcan hasta proporciones inmanejables.
5. Justo a Tiempo requiere un compromiso serio desde la alta gerencia hasta los operadores.

---

<sup>10</sup> Una revolución en la producción: el sistema SMED. Shigeo Shingo. 2ª edición.

## 2.3 FLUJO DE PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA

Este concepto fué utilizado por primera vez por Henry Ford teniendo en mente dos ideas básicas para el ensamble de automóviles, uno era mantener los automóviles estacionarios mientras se desplazaban alrededor los trabajadores que realizaban los montajes de sus componentes, el otro era mantener estacionarios a los trabajadores que realizaban el montaje de los componentes necesarios mientras se desplazaban los automóviles. Reconociendo el gran peso y volumen de los automóviles, Ford inicialmente penso que era mejor seguir el primer concepto. Sin embargo, un día mientras buscaba métodos de eliminar el desperdicio en los procesos de montaje, Ford observó lo siguiente:

- Existía desperdicio en la dispersión de movimientos de los trabajadores, ya que se realizaban muchos movimientos cada trabajador al ensamblar las partes.
- Existía desperdicio en las búsquedas de objetos, en su localización, y en comparaciones.
- Existía desperdicio en trasladar objetos que utilizan para el ensamble de cada parte.

Después de analizar estos tipos de desperdicios, Ford se preguntaba cómo podría eliminarlos. Finalmente, se le ocurrió la idea de montar los automóviles sobre una fila de carros que podrían arrastrarse hacia adelante enganchados por un cable y accionando un motor. Inmediatamente, impartió las siguientes instrucciones a sus empleados:

1. Instalar un gran motor y un cable grueso y largo para arrastrar a los automóviles durante su montaje.
2. Como la fábrica tenía aproximadamente 80 metros de largo, dividió la línea de montaje en 15 procesos de una hora. Esto permitiría arrastrar a todos los automóviles al proceso siguiente una vez cada hora.

3. Distribuir las piezas a montar a sus correspondientes procesos antes de que se requirieran.
4. Asignar tres o cuatro trabajadores a cada proceso y corregir el equilibrado de las tareas observando la línea de montaje.

El experimento tuvo gran éxito. Redujo el tiempo de montaje de cada vehículo de 13 horas a justamente 5 horas y 50 minutos, posteriormente realizando mejoras en la línea se redujo aún más a 2 horas y 38 minutos, haciéndose este sistema famoso por su montaje en flujo, en el que las unidades se desplazaban a un ritmo estable.

### **2.3.1 COMO LOGRAR LA PRODUCCION DE UNA PIEZA**

Las etapas para lograr la producción de una sola pieza se describirán a continuación:

1. Eliminar la producción centrada en la planeación. El concepto de producción de una sola pieza difiere radicalmente de los supuestos básicos de la planeación de requerimientos de materiales (MRP). La planeación de la producción estándar parte de planes de ventas basados en investigación científica del mercado o previsiones de demanda deducidas de tendencias estadísticas y trabaja revisándolas y ajustándolas para satisfacer las necesidades del mercado. A esta clase de sistema de producción orientado a la planeación termina siendo un sistema que requiere “empujar (PUSH)” a las ventas, y la fábrica descarga su salida en los distribuidores que estos finalmente terminan devolviendo lo que no pudieron vender, y los artículos devueltos terminan como inventario obsoleto. Por el contrario, el sistema de producción de una sola pieza hace fluir a los productos con base en las necesidades de los procesos de ensamble, que son los procesos más próximos al mercado. Solamente cuando se han entregado los productos acabados se piden más productos a los procesos “de arriba”. Ahora, como todas las partes se arrastran “desde abajo” no hay necesidad de inventario en proceso. A esto lo podemos llamar producción “jalar”.

2. Abandonar la idea de que la producción por lotes es el método de producción más eficiente. Porque esconde, posibles problemas como el desperdicio, inventario en proceso, obsolescencia de productos, ineficiencia y baja productividad.
3. Abandonar la idea de los almacenes automatizados. Ya que tienden a ocultar el desperdicio, y los elevados costos de administración y mantenimiento del sistema de ordenadores automáticos, además del costo elevado de un sistema automático de almacenaje.
4. Desarrollar nuevos métodos para el control de calidad. Básicamente para el flujo de una sola pieza, se debe de buscar tener cero defectos implementando las siguientes ideas:
  - ✓ Se incorpora e introduce en la línea de producción la inspección plena. Las piezas de trabajo se trasladan, procesan e inspeccionan una cada vez. El resultado es entregas con cero defectos.
  - ✓ Cuando ocurre un defecto, la línea se detiene hasta que la causa se encuentra y se elimina.
  - ✓ Se incorporan a la línea de producción mecanismos a prueba de errores llamados poka yoke.
  - ✓ Se debe de evitar tener que realizar dobles chequeos incorporando la calidad y la detección de defectos en los procesos (retrabajos).
  - ✓ El departamento de inspección no es independiente del departamento de producción.

### 2.3.2 REGLAS Y CONDICIONES DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN DE UNA PIEZA

Para lograr tener el flujo de una sola pieza se debe de tener las siguientes condiciones y reglas:

**Regla 1.** Base el tiempo del ciclo en los requerimientos del mercado. Se basa el número de elementos a producir en el número requerido por los clientes, esto es:

$$T_c = T_v \quad \text{siendo } T_c = \text{Tiempo ciclo}$$
$$T_v = \text{Tiempo de venta.}$$

Más adelante se definirá el cálculo de tiempo ciclo, así como también, de la mano de obra adecuada para este concepto de flujo de una sola pieza.

**Regla 2.** Base la utilización de la capacidad del equipo en el tiempo ciclo. Enfocándose en dos puntos principales:

Calidad. Que la instalación del equipo lleve incluida la inspección total, implementar el uso de poka-yokes<sup>11</sup> literalmente traducido del japonés que significa “comprobación de errores” y que se refiere al diseño de dispositivos, piezas, procesos o procedimientos, de forma tal que no permitan que se cometan errores en el proceso de fabricación. Un ejemplo puede ser el enchufe de algún aparato eléctrico, una de las láminas es más larga y más gorda que la otra de manera tal que no se puede enchufar de otra manera.

**Regla 3.** Disminuir el tiempo de montaje, ya que si estos son hechos en un tiempo muy corto y más rápido, eliminando tiempos muertos.

**Regla 4.** La distribución de la planta debe ser apropiado para la producción de una sola pieza.

---

<sup>11</sup> Poka Yoke. Operation Management. A value – driven approach. Melnyk & Denzler. Publications Irwin.

1. Reordenando la distribución de planta para que sea apropiado para el flujo global de la producción.
2. La fábrica debe de incluir rutas claras de paso.
3. La línea de producción debe distinguir claramente entre la entrada de material y la salida del producto.
4. La línea de producción debe consistir principalmente en células en forma de "U".
5. Incluir inspección en la distribución de planta.
6. Minimizar el inventario en proceso.

## 2.4 SISTEMA KANBAN EN PROCESO

**Kanban**<sup>12</sup> es una palabra de origen japonés que significa "señal" y es usado en un proceso de fabricación para señalar material, pasillos, ordenes de producción, producto rechazado, etc. pero sobre todo para controlar el sistema de producción y el nivel de inventario.

El término manufactura **kanban** o sistema "jalar" significa producir lo que se necesita, cuando se necesita, en la cantidad adecuada, con el mínimo material, equipo, labor y espacio. Lo hace controlando la producción, pero sobre todo el inventario que se genera día a día, por medio del uso de tarjetas visuales.

### 2.4.1 USO DE SEÑALES EN EL SISTEMA KANBAN

El sistema **kanban** está basado en señales y éstas pueden ser, tarjetas de movimiento de material, cuadros pintados en el piso, semáforos de luces, ayudas visuales con fotografías de defectos comunes, letreros, etc. Pero lo principal antes de comenzar a utilizarlos es conocer el estado actual de cómo se trabaja así como los tiempos de proceso de cada una de las máquinas utilizadas, para esto se tuvo

---

<sup>12</sup> Operation Management. A value – driven approach. Melnyk & Denzler. Publications Irwin



En el esquema 1, se explica que hay dos operaciones que puede ser por ejemplo preparación de hule para vulcanizar un sello la operación A y la operación B propiamente la vulcanización del sello. Para conectar estas dos operaciones se tiene que establecer el tamaño del buffer con máximos y mínimos de material preparado para que la operación B no le haga falta, ni tampoco se exceda en material, pudiendo ser estos por ejemplo 100 piezas como máximo y 50 piezas como mínimo, siendo muy importante esto, se entiende que no se debe de sobrepasar estos límites, por lo que se puede colocar una señal visual (que puede ser un letrero, marco, etc.) para delimitar la cantidad adecuada máximo o mínimo.

#### **2.4.2 ESTABLECIMIENTO DE BUFFERS ENTRE OPERACIONES.**

El inventario en proceso es el agente de conexión del proceso que cuando es reducido a un nivel crítico puede:

- Resaltar la interdependencia entre las operaciones, que finalmente es lo que se busca.
- Visualizar las restricciones del proceso. Entiéndase como restricción lo que pasa en el proceso que impide que salga la producción en el tiempo y cantidad necesarias, en otras palabras “el cuello de botella”
- Eliminar las variaciones de velocidad de línea, de métodos de trabajo encontradas en las operaciones.
- Forzar a la mejora continua.

Lo primero que se debe de hacer es examinar el flujo del material. Desarrollar un diagrama de flujo de proceso y anotar las distancias que el material recorre entre las operaciones, estudiar el trabajo o transformación del producto por los operadores y las máquinas.

Determinar el lugar en donde se van a colocar las ventanas **kanban** a lo largo del proceso, así como también, el tamaño de los contenedores que van a estar en

los buffers. Diseñar la nueva distribución de planta con ventanas **kanban** y el flujo de la materia prima.

Preparar pizarrones **kanban**, donde se verán los indicadores de la línea de producción, como estándares de operación, tarjetas **kanban**. Colocar racks de materia prima de tal forma que sea fácil para el operador tomar el material y/o herramienta. Instalar luces brillantes y/o timbres en los equipos y estaciones de trabajo más importantes, en el caso de que haya un paro de alguna máquina, pueda ser accionado para agilizar el mantenimiento

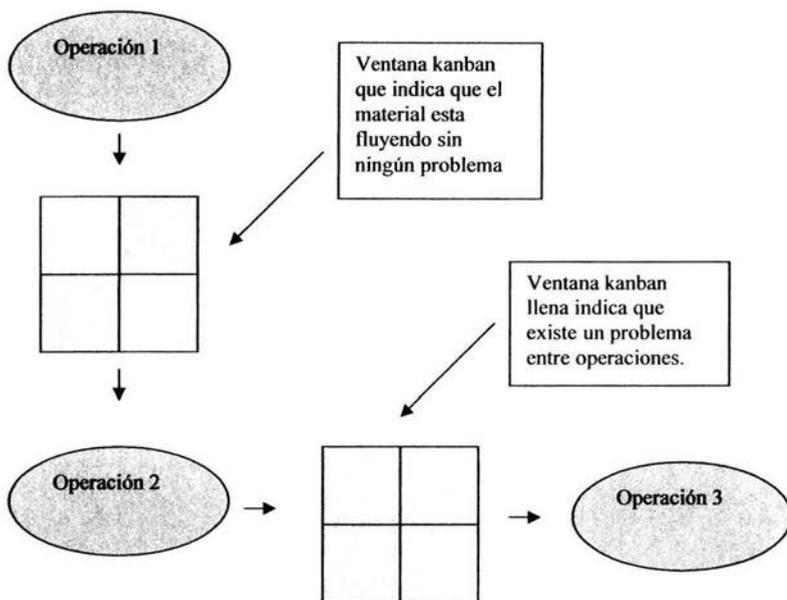
Estandarizar el proceso y las operaciones, procedimientos de inspección de primera pieza, instrucciones detalladas para los operadores, distribuciones de las estaciones de trabajo.

Identificación clara del material en las ventanas **kanban** con número de parte, máxima cantidad de contenedores y cantidad de piezas por contenedor.

### 2.4.3 REGLAS QUE UTILIZA EL SISTEMA KANBAN

Todo sistema tiene reglas y este sistema no es una excepción, a continuación se explicará las reglas del sistema:

**Regla kanban 1.** El operador sólo puede producir cuando una señal **kanban** esta disponible. Si la cantidad excede de la máxima permitida por la ventana **kanban** el operador debe de detenerse.



Esquema 2.

En el esquema 2, se puede ver que entre la operación 1 y la 2 existe una ventana **kanban** que está "disponible", es decir, que todavía no ha llegado a su límite y que se puede seguir produciendo, pero entre la operación 2 y 3 existe otra ventana **kanban** que está "llena", es decir, ya llegó a su límite y que por lo tanto el operador automáticamente debe de parar de producir.

**Regla kanban 2.** Los buffers nunca deben crecer. Es decir, las ventanas **kanban** no deben de exceder del máximo permitido.

**Regla kanban 3.** Una vez colocado el buffer lo que se tiene que buscar es minimizarlo para llegar a lo que llamamos “flujo de una sola pieza”.

## **2.5 ESTUDIOS SMED. MONTAJES EN MENOS DE 1 MINUTO<sup>13</sup>**

Este término se refiere a la técnica para realizar las operaciones de preparación de herramientas en menos de un minuto. SMED como se le conoce en la industria, proviene de la expresión inglesa SINGLE-MINUTE-EXCHANGE-OF-DIE que en español sería CAMBIO DE HERRAMENTALES EN MENOS DE 1 MINUTO.

Los primeros indicios de esta técnica se dan cuando el Sr. Shigeo Shingo estaba realizando un estudio de mejora en Hiroshima en 1950 en Toyo Industries, empresa en donde se fabricaba vehículos de tres ruedas y pudo reducir el tiempo de preparación de las prensas de moldeado de carrocerías, fue donde percibió que existían dos clases de operaciones de preparación: la preparación interna que se puede realizar solamente cuando la máquina esta parada, y la preparación externa, que puede realizarse mientras la máquina esta en operación, un ejemplo es cuando un nuevo troquel puede montarse en una prensa solamente cuando la prensa esta parada (PI), pero los pernos para fijar la herramienta pueden clasificarse y montarse mientras la prensa esta operando (PE), el Sr Shingo estableció un procedimiento de preparación externa elevando la eficiencia en un 50% y eliminando el cuello de botella que existía.

En el verano de 1969 fue cuando se logró la más grande mejora que se hizo utilizando esta herramienta en Toyota Motor Company en donde se redujo el tiempo de preparación de una prensa de 1,000 Toneladas de cuatro horas a 90 minutos y después de varios meses se redujo aún más, de 90 a 3 minutos, de aquí esta

---

<sup>13</sup> Una revolución en la producción: el sistema SMED por Shigeo Shingo.

técnica tuvo el sobrenombre de Cambio de herramientas en menos de 10 minutos o en ingles SMED.

Comúnmente existen pasos básicos en el procedimiento de preparación de una herramienta, ver tabla 1.

| <b>Operación.</b>   | <b>Proporción del tiempo. ( % )</b> |
|---|-------------------------------------|
| Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etc. | 30                                  |
| Montar y desmontar herramientas, etc.   | 5                                   |
| Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones. Medidas, montajes y calibraciones                                   | 15                                  |
| Producción de piezas de ensayo y ajustes  | 50                                  |

**TABLA 1. Pasos básicos en la preparación de una herramienta.**

Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales. Sirve para asegurarnos de que todos los componentes y herramientas están donde deben y funcionando correctamente. Además se incluye el periodo tras el cual todos ellos se retiran y guardan, se limpia la maquinaria del proceso anterior.

Montar y desmontar herramientas. Se incluye la retirada de piezas y herramientas después de concluido un lote y la colocación de las necesarias para el siguiente.

Medidas, montajes y calibraciones. Comprende todas los dimensionamientos de herramientas, piezas y calibraciones necesarias para realizar una operación de producción, así como también el centrado de un herramental.

Pruebas y ajustes. Los ajustes se efectúan tras realizar una pieza de prueba. Los ajustes serán tanto más fáciles cuanto mayor sea la precisión de las medidas y calibraciones del aparato anterior.

### **2.5.1 ETAPAS DE UN ESTUDIO SMED.**

Para la elaboración de un estudio SMED se tiene que seguir tres etapas que a continuación se mencionaran:

#### **Etapas 1.** Separación de la preparación interna y externa.

Este es el paso más importante en la realización del SMED y es diferenciar la preparación interna de la externa y hacer un esfuerzo para tratar la mayor parte posible de la operación de preparación como externa, el tiempo necesario para la preparación interna (realizada mientras la máquina no funciona) se reducirá usualmente entre un 30 y 50%.

#### **Etapas 2.** Convertir la preparación interna en externa.

Esta etapa comprende dos conceptos importantes:

- Re-evaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
- Búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.

Como ejemplo podemos citar el precalentado de elementos que anteriormente se calentaban dentro del proceso de preparación, y la conversión del centrado en un procedimiento externo al realizarlo antes de comenzar la producción.

#### **Etapas 3.** Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.

Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar algunas veces simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos. Esta es la razón por la cuál debemos de concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que concluyen las preparaciones internas y externas. Consecuentemente, la tercera etapa necesitara un análisis detallado de cada operación elemental. Los ejemplos que a continuación se citan sirven para mostrar lo que es posible conseguir tras la aplicación de las tres etapas.

Una forma fácil de elaborar un estudio SMED es tomar una película de un montaje cuando está ocurriendo, y estudiarlo en conjunto con un equipo de trabajo, para poder identificar y clasificar las actividades en internas (que son aquellas que se realizan cuando la máquina está parada) y las externas (que son aquellas que se realizan cuando la máquina está trabajando). Se forma una tabla en donde se van anotando todas las actividades con su duración y clasificación.

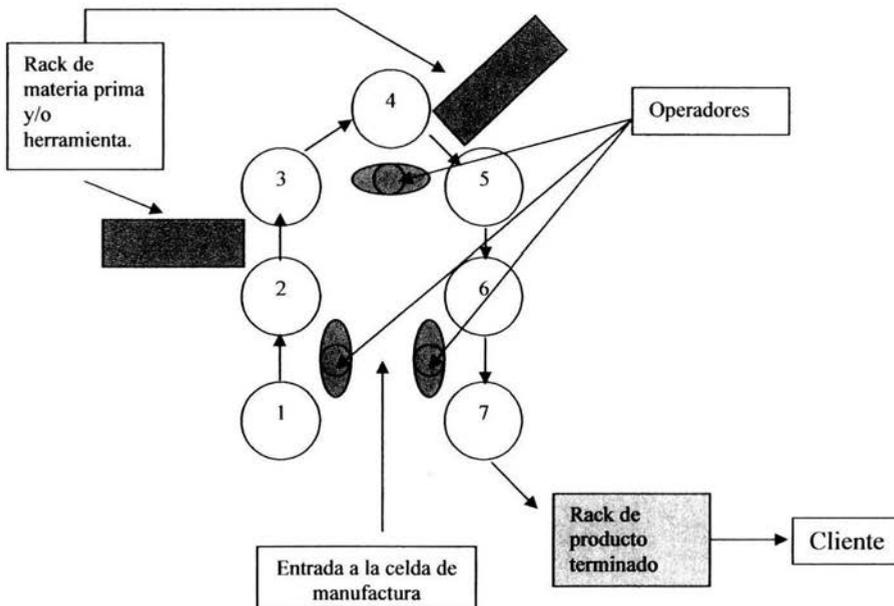
Ya que se clasificaron, se debe de buscar la forma de hacer externas las actividades internas, con el objetivo de perder el menor tiempo posible en el cambio del herramental cuando la máquina ya paró. Dos ejemplos de las ventajas de utilizar esta herramienta, se describirán a continuación

- En Toyota Motor Company, el tiempo de preparación interna de máquina de hacer tornillos, que antes era de ocho horas, se redujo hasta cincuenta y ocho segundos.
- En Mitsubishi Heavy Industries, el tiempo de preparación interna de una taladradora de seis ejes, que antes era de veinticuatro horas, es ahora dos minutos y cuarenta segundos.

## 2.6 CÉLULAS DE MANUFACTURA EN FORMA DE “U”

Este es un concepto que consiste en la distribución de un proceso de manufactura teniendo todas las operaciones de fabricación de un producto lo más cerca posible, para llegar al concepto de “Flujo de una sola pieza”, esto es, que vaya saliendo un producto a un mismo ritmo y en forma continua generando el mínimo inventario en proceso.

En el esquema 3 vemos un poco más clara la idea de lo que es una célula de manufactura en forma de “U”<sup>14</sup>.



Esquema 3. Representación de una célula de manufactura en forma de “U”.

En esta línea de producción podemos observar que las operaciones que pueden intervenir en la producción de un producto están representadas con números del uno al siete, la idea de formar una línea en forma de “U” en donde la distancia

<sup>14</sup> Operation Management. A value –driven approach. Melnyk & Dezler. Publications Irwin.

entre las operaciones debe de ser lo más cerca posible, la entrada a la línea (se ve entre la operación uno y siete) debe de tener un mínimo de dos metros, esto con el fin de tener el mejor aprovechamiento del espacio. Las herramientas y materia prima deben de estar en racks lo más cerca de la máquina donde se suministran. Y finalmente debe de haber un rack de producto terminado donde se colocará este, para finalmente transportarlo al camión.

Este es el caso ideal, pero no siempre puede ser así ya que las máquinas son de diferente dimensiones y pesos, siendo a veces imposibles de mover, por lo que se tiene que llegar al mejor arreglo para poner en marcha estos cambios.

El resultado de formar células en forma de “U” son:

- Materia prima suministradas en pequeños lotes.
- El tiempo de manufactura es incrementado considerablemente, el tiempo de montaje es visual y se puede hacer más rápido, evitando el factor de demora por parte del operador, por tiempo ocioso.
- Las actividades que no agregan valor al producto son eliminadas.
- Los estándares del operador son enfocados a eliminar los movimientos del operador.

### **2.6.1 CÁLCULO DEL TIEMPO RITMO Y NÚMERO DE OPERADORES REQUERIDOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

Para llegar al concepto de “flujo de una sola pieza” se debe de calcular que tan rápido se debe de trabajar, y es aquí donde se define el “takt time” o que en español definiré como “tiempo ritmo” que es el tiempo requerido para producir una sola pieza desde la operación uno hasta la siete (ver esquema 3, página 41), es decir, hasta que sale empacado. El “tiempo ritmo” determina el ritmo de producción.

Su fórmula:

$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo total de producción disponible en un día}}{\text{Producción total requerida en un día}}$$

Es muy importante saber con cuanta gente se puede lograr trabajar en forma continua la célula "U". Por eso es necesario definir primeramente el "Tiempo total de ciclo manual" que es el tiempo promedio de trabajo para transformar un producto desde su inicio hasta su culminación.

Así la cantidad de operadores requerida es:

$$\# \text{ operadores} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo ritmo}}$$

Para dejar estos conceptos más claros se dará un ejemplo: En una fábrica se hacen 9200 piezas por mes en un turno. Y se tiene 20 días hábiles por mes, la operación uno toma 30 segundos, la operación dos toma 30 segundos, la operación tres toma 15 segundos, la operación cuatro toma 15 segundos y la operación cinco toma 30 segundos, así,

$$\text{Requerimiento del cliente} = \frac{9200 \text{ Piezas por mes}}{20 \text{ días por mes}} = 460 \text{ piezas por día.}$$

Se tiene también un turno de operación de 7:00 a 15:30 que son 460 minutos por día (incluyendo 50 minutos de comida) y es igual a 27600 segundos por día.

Así que finalmente tenemos:

$$\text{Tiempo ritmo} = \frac{\text{Tiempo total de producción disponible en un día}}{\text{Producción total requerida en un día}} = \frac{27600 \text{ seg./día}}{460 \text{ pzas/día}} = 60 \text{ (seg / pza)}$$

Ahora bien, el resultado se puede explicar como que le toma 60 segundos a una pieza ser producida.

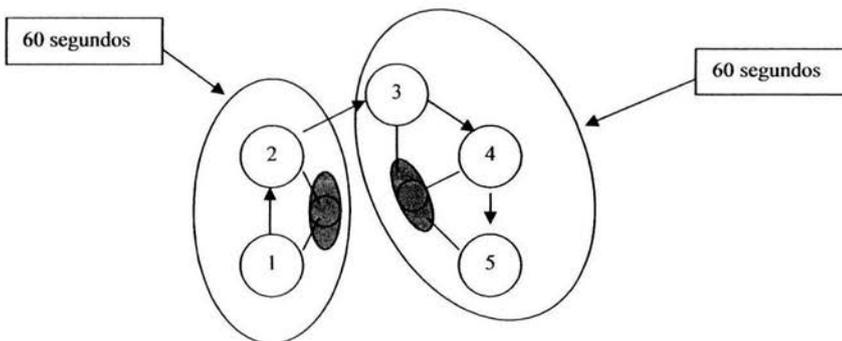
El tiempo de ciclo manual =  $30 + 30 + 15 + 15 + 30 = 120$  segundos.

Este tiempo es la suma de todos los ciclos de cada operación por separado. Finalmente, la cantidad de operadores en la célula "U" es:

$$\text{Cantidad óptima de operadores} = \frac{\text{Tiempo total del ciclo manual}}{\text{Tiempo ritmo}} = \frac{120 \text{ seg}}{60 \text{ seg}} = 2 \text{ Op}$$

Así, la cantidad óptima para realizar este trabajo son dos operadores, que deben ser multifuncionales ya que las dos primeras operaciones las tendrá que hacer un operador y las tres restantes las realizará el segundo operador.

Y la célula "U" quedaría de la siguiente manera:



**Esquema 4**

En el esquema 4 vemos la representación de un proceso en el que la operación uno tarda 30 segundos, la dos 30 segundos, la tres 15 segundos, la cuatro 15 segundos y finalmente la cinco 30 segundos, si balanceamos las operaciones de acuerdo al resultado de la operación aritmética para calcular el número de operadores es que, el primer operador puede realizar las operaciones uno y dos, mientras que el segundo puede realizar las operaciones tres, cuatro y cinco obviamente se debe de darles todas las herramientas y condiciones para que lo puedan realizar sin problemas.

Se debe de tener mucho cuidado con el arreglo de la célula de manufactura en forma de "U" ya que si se hace de una forma errónea impedirá el flujo de los artículos, dando lugar a la aparición de desperdicio de espera y hace imposible lograr la salida de la producción estimada.

## **2.7 ELIMINACION DEL DESPERDICIO. Técnica de las 5 "S"s"<sup>15</sup>**

La técnica llamada 5 "S"s" fué usado por los japoneses desde la Segunda Guerra Mundial y que básicamente es una metodología para la eliminación del desperdicio. Es llamada así por cinco palabras que empiezan con la letra "S" y que a continuación explicare brevemente:

**Selección (SEIRE).** Esta palabra se refiere a quedarse sólo con lo que es absolutamente necesario, evitando tener cosas que no son útiles. Es decir simplificar todas las cosas que tenemos en una área o lugar.

**Orden (SEITON).** Crear o darle un lugar para cada cosa, ya que en muchas ocasiones hay cosas que andamos buscando y que no las encontramos.

---

<sup>15</sup> "5 S for operators" 5 pillars of the visual workplace by Hiroyuki Hirano. Productivity Press

**Limpieza (SEISO).** Esta palabra se refiere a que nuestra área o lugar de trabajo debe de estar lo mas limpio posible ya que esto puede ayudar a encontrar áreas de oportunidad (Es decir áreas para mejorar).

**Estandarizar (SEIKETSU).** Esta palabra nos dice que una vez que ya se implementaron las 3 S's anteriores (Seire, Seiton y Seiso), se debe de buscar estandarizar por ejemplo: herramientas, material eléctrico, tornillería, etc.

**Mantener (SHITSUKE).** Esta última palabra significa que se debe de mantener cada una de las 4 S's anteriores y seguir utilizándolas como una mejora continua.

Esta metodología es de gran ayuda para minimizar los desperdicios, poner orden en cualquier área de trabajo e incluso en casa.

A continuación se hará mención de los desperdicios más comunes en fábricas:

- Desperdicio por sobreproducción. Se produce más de un producto de lo que se pide o se produce antes de que sea necesitado. Haciendo un producto "sólo por si acaso" como resultado de producir según una demanda especulativa. Los expertos consideran la sobreproducción, la más seria de todas las pérdidas.
- Desperdicios en tiempo disponible (espera). Cualquier tiempo que los materiales o componentes no se están moviendo o no agregan valor. Los materiales que están en reposo, esperando para ser procesados, representan un aprovechamiento ineficaz de uso del tiempo u de recursos.
- Desperdicio en el transporte. Desperdicio, que provienen de movimientos de materiales dentro de la fábrica. El número de movimientos (manejo) de materiales aumenta la posibilidad de deterioro o daños.
- Desperdicio de proceso. Desperdicio de realizar operaciones innecesarias. Máquinas y procesos, que no son capaces de producir con calidad.

- Desperdicio de producto en proceso disponible (inventario). Innecesarios volúmenes de trabajo en proceso, debido a una producción de grandes lotes o a procesos con largos tiempos de ciclo.
- Desperdicio por movimientos. Movimientos perdidos de los transportes, debido a una ubicación inapropiada de herramientas y componentes, y un diseño ineficiente de una planta.
- Desperdicio por hacer productos defectuosos. Pérdidas puras de recursos, fallos internos y externos, que resultan en desperdicios, en un retrabajo validado por el cliente, en un rendimiento menos que perfecto y quejas.

Estos desperdicios afectan y disminuyen la eficiencia y productividad de cualquier área de trabajo, por lo que es necesario minimizar cada uno de estos.

## **2.8 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES**

Cuando se forma una célula de trabajo en forma de "U", el objetivo es hacer que el proceso fluya lo más rápido o en forma constante, pero siempre existe un factor que disminuye este flujo haciéndolo más lento. A este concepto lo denominamos cuello de botella o "restricción".

Una vez identificado, lo ideal es eliminarlo o disminuirlo y para lograr esto, debemos de enfocar todos los recursos posibles como puede ser económico, humano, tecnológico. Cuando se logra disminuirlo, generalmente, hay otro proceso o máquina que se vuelve una nueva restricción, a esto, es cuando decimos "la restricción se movió" y se tiene que volver a enfocarse en él para disminuirlo.

Cabe mencionar que una restricción no se elimina al 100%, siempre se va a estar moviendo conforme al tiempo y a las mejoras que se vayan haciendo, y generalmente esta metodología se detiene cuando logramos que el ritmo de producción nos permita cumplir sin ningún problema con el cliente.

## **CAPITULO 3**

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL APLICAR LAS HERRAMIENTAS  
MENCIONADAS**

### 3.1 ANÁLISIS DEL PROCESO E IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA KANBAN

Antes de comenzar a implantar el sistema **kanban** en la empresa Mogul fué necesario un programa de capacitación de todos los empleados. La duración fue aproximadamente de tres meses en donde se explicaron conceptos de las 5 S's y el sistema **kanban**, posteriormente se capacitó a los empleados que están en contacto directo con las líneas de producción para utilizar la teoría de las restricciones. Por lo que primero fué necesario conocer los tiempos ciclos de las máquinas y la distancia que recorría el material, por lo que los ingenieros de procesos evaluaron y tomaron los tiempos de cada actividad para la fabricación del producto.

El formato que se utilizó es el mostrado en los anexos G, H e I de las páginas 97, 98 y 99 respectivamente, se irá explicando paso a paso como se realizó este estudio.

Primero se definieron los instrumentos de uso, en este caso un cronómetro digital con una resolución de 0.001 segundos y una tabla para colocar el formato mostrado en los anexos mencionados. Posteriormente se definieron los elementos de estudio de la operación, para esto se observó la operación que realizaban las trabajadoras y nos dimos cuenta que las operaciones más importantes son tres: a) corte de material de relleno, b) embobinado del espiral y c) embobinado – empaque. A cada una de estas operaciones se realizó su estudio de tiempos por separado, es decir, una operación por cada formato.

El método que se utilizó fue el de tiempos continuos<sup>16</sup> definiendo además los suplementos importantes en la operación como son: Tolerancia personal para sus necesidades fisiológicas, el estar de pie que se definió como parte de la fatiga, condiciones ambientales ya que en el edificio las condiciones ambientales son extremas, ruido intermitente ya en otras áreas existen máquinas troqueladoras que generan ruidos altos en decibeles y finalmente la monotonía de estar realizando la

---

<sup>16</sup> Método de toma de tiempos continuos. Ingeniería Industrial. Por Niebel – Freivalds. Editorial Alfaomega

misma operación todo el día, a estos suplementos se les asignó un porcentaje que servirá para conocer el tiempo estándar.

Cuando se estaban realizando las lecturas, se tuvo que tomar el tiempo de cinco espirales ya que es muy rápida la operación, obviamente el tiempo se dividía entre cinco para conocer el valor de cada espiral.

En la hoja de toma de tiempos, tenemos que el tiempo promedio es el promedio de las 10 lecturas tomadas y anotadas en forma horizontal, se califica la forma de trabajo de la operadora de acuerdo al desempeño que se observa, por lo que definimos:

$$\text{Tiempo normal} = (\text{Tiempo promedio}) \times (\% \text{ Calificación})$$

Se suman los porcentajes de suplementos para poder definir

|                     |    |                         |    |
|---------------------|----|-------------------------|----|
| <b>Suplementos:</b> |    | Condiciones ambientales | 4% |
| Tolerancia personal | 5% | Ruido intermitente      | 3% |
| Estar de pie        | 5% | Monotonía               | 3% |

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} + (\text{Tiempo normal}) \times (\% \text{ Suplementos})$$

| No. | Descripción del elemento | Observaciones / Frecuencia |    |     |    |    |    |    |    |    |    | Tiempo Promedio | % Calificación | Tiempo Normal | % Suplementos | Tiempo Estándar |
|-----|--------------------------|----------------------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
|     |                          | 1                          | 2  | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                 |                |               |               |                 |
| 1   | EMBOBINADO               | 98                         | 88 | 98  | 96 | 96 | 95 | 99 | 92 | 96 | 96 | 95.40           | 90             | 85.86         | 20            | 103.03          |
| 2   | EMBOBINADO               | 98                         | 99 | 103 | 89 | 92 | 96 | 95 | 96 | 95 | 97 | 96.00           | 85             | 81.60         | 20            | 97.92           |

Finalmente el tiempo de interés para nosotros es el que al final se muestra "Total de horas por pieza" que es

$$\text{Total hrs / pza} = \text{Promedio del tiempo estándar} / 3600 \text{ seg}$$

Total hrs / pza =  
 Total pzas / hora =  
 Total pzas / turno =

|               |
|---------------|
| <b>0.0055</b> |
| <b>182</b>    |
| <b>1455</b>   |

VALOR IMPORTANTE DEL ESTUDIO

Estos datos son los más importantes para el análisis de implantación del sistema kanban

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| Corte de material: | 0.0005 hrs / pza |
| Embobinado:        | 0.0055 hrs / pza |
| Rebabeo-empaque:   | 0.0055 hrs / pza |
| Soldado-empaque:   | 0.0035 hrs / pza |

## Mapeo del proceso

Este concepto se refiere a analizar como están conectados los procesos que participan en la fabricación de un producto y para poder ver en donde se pueden realizar mejoras. Para esto se realizó el diagrama de flujo de proceso.

### DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.

| O<br>P<br>E<br>R<br>A<br>C<br>I<br>O<br>N<br>n° | O<br>P<br>E<br>R<br>A<br>C<br>I<br>O<br>N | -E-<br>I<br>O<br>N<br>P<br>E<br>R<br>E<br>A<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N | T<br>R<br>A<br>N<br>S<br>P<br>O<br>R<br>T<br>E | I<br>N<br>S<br>P<br>E<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N | A<br>L<br>M<br>A<br>C<br>E<br>N<br>A<br>J<br>E | A<br>L<br>M<br>A<br>C<br>E<br>N<br>A<br>J<br>E | ACTIVIDAD   | ACTUAL       | Elaboró:              | Oscar Juárez |  |
|---|---|--|--|--|--|--|---|--------------|-----------------------|--------------|--|
|   |   |  |  |  |  |  | OPERACIÓN   | 5            | Fecha:                | 17/09/2001   |  |
|   |   |  |  |  |  |  | TRANSPORTE  | 10           | TIEMPO TOTAL (min)    | <b>442</b>   |  |
|   |   |  |  |  |  |  | DEMORA  | 0            | DISTANCIA TOTAL (mts) | <b>213</b>   |  |
|   |   |  |  |  |  |  | INSPECCIÓN  | 5            |                       |              |  |
|   |   |  |  |  |  |  | ALMACENAJE  | 1            |                       |              |  |
|   |   |  |  |  |  |  | DESCRIPCIÓN DEL EVENTO                                  | TIEMPO (min) | DISTANCIA (mts)       |              |  |
| 1   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a almacén de materia prima.                  | 15           | 38                    |              |  |
| 2   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Colocar en rack de materia prima                        | 15           | 0                     |              |  |
| 3   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Liberación de materia prima                             | 30           | 0                     |              |  |
| 4   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a área de corte de grafito, mica.            | 7            | 40                    |              |  |
| 5   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Corte de rollo  | 5            | 0                     |              |  |
| 6   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Corte en tiras  | 5            | 0                     |              |  |
| 7   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a área de embobinado                         | 3            | 3                     |              |  |
| 8   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Ajuste de máquina embobinadora                          | 60           | 0                     |              |  |
| 9   | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a area de liberación de primera pieza.       | 3            | 27.5                  |              |  |
| 10  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Prueba de compresión y chequeo dimensional.             | 15           | 0                     |              |  |
| 11  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a área de embobinado.                        | 3            | 27.5                  |              |  |
| 12  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Embobinado de espiral por lote.                         | 100          | 0                     |              |  |
| 13  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a área de rebabeo y empaque.                 | 3            | 35                    |              |  |
| 14  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Rebabeo - soldado - empaque por lote.                   | 128.6        | 0                     |              |  |
| 15  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte al área de liberación de producto terminado. | 3            | 3                     |              |  |
| 16  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Inspección y liberación del producto terminado.         | 10           | 0                     |              |  |
| 17  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a almacén de producto terminado.             | 3            | 7                     |              |  |
| 18  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Almacenaje  | 15           | 0                     |              |  |
| 19  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a máquina formadora de pallet.               | 3            | 7                     |              |  |
| 20  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Formado del pallet                                      | 5            | 0                     |              |  |
| 21  | 0   | □  | ⇒  | □  | ◇  | △  | Transporte a camión.                                    | 10           | 25                    |              |  |

Obteniendo los siguientes indicadores:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Tiempo total de producción por lote de 300 piezas.  | 329 minutos.            |
| Distancia total recorrida durante el proceso.   | 213 metros.             |
| Área total ocupada.   | 327.5 metros cuadrados. |
| Desorden en todas las áreas de trabajo.   |                         |
| Movimientos excesivos de materiales. Por el lugar donde se encuentran las áreas de trabajo.   |                         |
| Baja productividad. Porque no se tenían definidos estándares de producción por hora. Además de tener mucho tiempos muertos en el proceso. |                         |
| Tiempo de entrega muy largo.  |                         |
| Elevado inventario en proceso.  |                         |
| Las áreas no están conectadas.  |                         |

La teoría nos dice que primero debemos de conectar el proceso, le llamamos a esto, hacer que el flujo de producción sea constante y empezar a controlar el inventario que existe en el proceso, por lo que lo primero que pudimos observar fue que los centros de trabajo estaban distribuidos por proceso; así que se decidió integrar las áreas en una sola para eliminar las distancias que recorría el material. Ver distribución de planta anexos C y D páginas 93 y 94 respectivamente.

Posteriormente, se analizó el tiempo de ciclo de las operaciones importantes en la fabricación de la espiral teniendo:

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Operación de corte        | = 0.0005 hra/pza = 1.62 seg/pza = 16000 pzas/turno |
| Operación de embobinado   | = 0.0055 hra/pza = 19.8 seg/pza = 1455 pzas/turno  |
| Operación rebabeo-empaque | = 0.0035 hra/pza = 12.6 seg/pza = 2286 pzas/turno  |
| Operación soldado-empaque | = 0.0035 hra/pza = 12.6 seg/pza = 2286 pzas/turno  |

Con los datos anteriores podemos ver que la operación más rápida es la de corte, seguida de la de rebabeo-empaque y la que más tiempo se lleva es la de

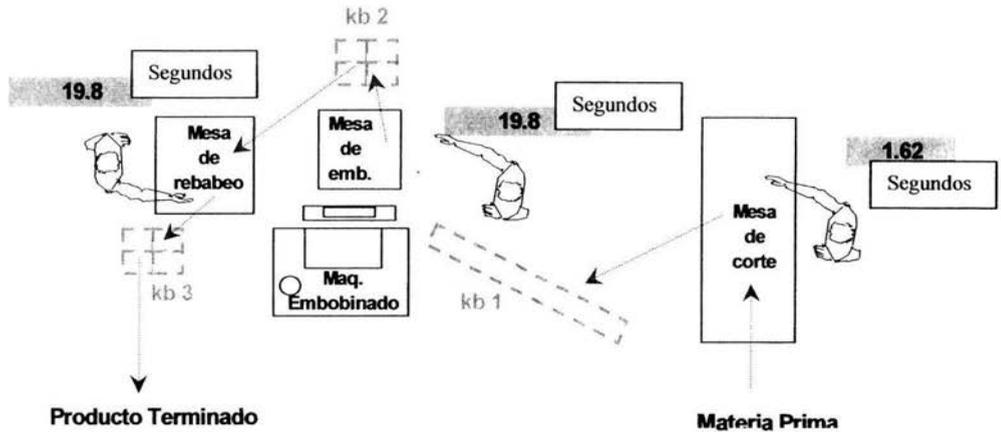
embobinado, la cual dará el ritmo de producción, por lo que para que la operación de corte suministre de material a la operación de embobinado, necesita cortar 1455 tiras, esto le lleva aproximadamente 0.73 hora (44 min) y como son 7 máquinas, le tomará a la cortadora 5.11 horas cortar todo el material para las 7 máquinas.

Las operaciones se hacen en tiempos muy diferentes y para poder conectarlas es necesario colocar buffers entre las operaciones, pero es necesario conocer de que tamaño será, para esto se pensó colocar un buffer entre la operación de corte y la de embobinado y otro buffer entre embobinado y rebabeo-empaque. Ahora bien, si pensáramos que la operación de corte suministre de material a cada máquina lo que producirá en un día, las seis restantes no trabajarían, por lo que se decidió que el tamaño del buffer sea mínimo una canaleta y máximo de tres canaletas. Quiero comentar que la capacidad de una canaleta es de aproximadamente 300 tiras. Así de esta manera, todas las máquinas estarían trabajando mientras la cortadora abastece de canaletas a los buffers colocados a pie de la máquina.

El otro buffer se coloca entre la operación de embobinado y la de rebabeo-empaque siendo el máximo de tres lotes (900 piezas) y un mínimo de un lote (300 piezas) ya que el estándar de piezas rebabeadas-empacadas es de 2286 piezas mientras que el embobinado es más lento, por lo que si no existiera buffer la rebabeadora tendría aproximadamente 25 minutos sin hacer nada.

En el caso de las espirales soldadas con un arillo metálico, se definió un buffer entre embobinado y rebabeo con un mínimo de un lote y máximo tres, y finalmente, el último buffer es el de producto terminado teniendo como mínimo un lote y máximo cuatro lotes.

El arreglo del área de trabajo se muestra a continuación en el esquema 4.



**Esquema 4. Ubicación de buffers en el proceso**

En este esquema se ven como se ubicaron los buffers en donde: **Kb1**. Es el buffer de materia prima, y se definió como mínimo una canaleta de materia prima cortada y como máximo tres canaletas, además, para hacer más rápida la operación se colocó un semáforo de luces, una amarilla que cuando está prendida quiere decir que ya le va a hacer falta material, cuando esta en el color rojo es que se requiere la presencia del Departamento de Calidad o de Manufactura ya que existe un problema con el producto que no se puede resolver rápidamente y cuando esta en azul, significa que la máquina tiene un problema mayor y es requerida la presencia de mantenimiento para arreglarlo.

**Kb 2.** Es el buffer que se colocó entre las operaciones de embobinado y rebabeo definiendo como mínimo un lote de material y como máximo cuatro lotes.

**Kb 3.** Este buffer que se colocó al final de la operación después del empaque definiendo como mínimo un lote y máximo cuatro lotes.

El sistema debería de trabajar de la siguiente manera: se lanza una orden de producción de un número de parte, se realiza el cambio de herramental, se corta material para este número de parte y se pasa en canaletas a la máquina en donde se trabajará (**kb 1**), se comienza a embobinar el lote y cada pieza se va poniendo en un contenedor hasta completar el lote. Una vez terminado, la operadora lo lleva hasta la mesa de rebabeo o a la ventana **kb2** del esquema 3 página 55 donde una operadora la rebabea, la empaca, para finalmente colocarla en la **kb3** (mismo esquema) y esperar la liberación por parte de calidad. Finalmente, el lote terminado, es transportado al almacén de producto terminado.

En el sistema **kanban** es fundamental saber el ritmo al cual tiene que salir un producto terminado y además con cuanta gente se va a lograr este ritmo. Esto lo veremos a continuación.

### **3.1.1 CÁLCULO DE LA MANO DE OBRA Y TIEMPO RITMO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.**

Para realizar este cálculo, fué necesario agrupar los productos por características similares (a este concepto se le conoce como agrupación por familias) quedando de la siguiente manera:

**Familia 1.** Espiral que lleva en el interior grafito, se le solda un arillo de metal en el diámetro exterior.

| Números de parte | Demanda en piezas |
|------------------|-------------------|
| 40507            | 9764              |
| 40471            | 29290             |
| 40480            | 19527             |
| 40695            | 24409             |
| 40488            | 14645             |

**Familia 2.** Espiral que lleva en el interior grafito.

| Números de parte | Demanda en piezas |
|------------------|-------------------|
| 40637            | 22782             |
| 40493            | 976               |
| 40495            | 8787              |

**Familia 3.** Espiral que lleva en el interior mica y grafito.

| Números de parte | Demanda en piezas |
|------------------|-------------------|
| 40636            | 9764              |
| 40638            | 48817             |
| 40458            | 9763              |
| 40658            | 29291             |
| 40671            | 97635             |

En la familia 1 las operaciones importantes son:

| OPERACIÓN                   | PIEZAS POR HORA |
|-----------------------------|-----------------|
| Corte de material (grafito) | 2000            |
| Embobinado                  | 182             |
| Rebabeada                   | 286             |
| Soldado y empacado          | 286             |

Tiempo de mantenimiento preventivo por cada máquina es de tres horas por mes.

El tiempo estimado para montaje de cada número de parte es de una hora 45 minutos y la demanda mensual estimada es de 97,635 piezas.

En la familia 2 las operaciones importantes son:

| OPERACIÓN                   | PIEZAS POR HORA |
|-----------------------------|-----------------|
| Corte de material (grafito) | 2000            |
| Embobinado                  | 182             |
| Rebabeada y empackado       | 286             |

Tiempo de mantenimiento preventivo por cada máquina es de tres horas por mes.

Tiempo estimado de montaje por número de parte es de una hora 45 minutos.

Demanda mensual estimada es de 32,545 piezas.

En la familia 3 las operaciones importantes son:

| OPERACIÓN                   | PIEZAS POR HORA |
|-----------------------------|-----------------|
| Corte de material (mica)    | 2000            |
| Corte de material (grafito) | 2000            |
| Embobinado                  | 182             |
| Rebabeo y empaque           | 286             |

Tiempo de mantenimiento preventivo por cada máquina es de tres horas por mes.

Tiempo estimado de montaje por número de parte es de una hora 45 minutos.

Demanda mensual estimada es de 195,270 piezas.

Para el cálculo del tiempo ritmo se necesita conocer el tiempo total de producción disponible por día y además, la demanda diaria, sin tomar en cuenta tiempos muertos, ni tiempos de montaje. Es decir es el tiempo teórico en condiciones ideales de producción.

Así pues, el tiempo ritmo lo podemos definir como:

$$\text{T.R.} = \frac{\text{Tiempo total de producción disponible por día}}{\text{Demanda total de producción diaria por familia}}$$

En donde:

Tiempo total de producción disponible por día = Total de horas teóricas en un día de producción normal.

Para el cálculo de los operadores tenemos que calcular el tiempo total de ciclo manual, que no es más que la suma total del tiempo que se lleva cada operación del proceso de fabricación de un espiral dado en horas, así tenemos:

$$\text{Operadores requeridos} = \frac{\text{Tiempo total del ciclo manual}}{\text{Tiempo ritmo}}$$

A continuación se analizará la familia uno paso a paso para poder entender las fórmulas y conceptos mencionados con anterioridad. Este análisis se hará en un turno.

Demanda mensual de la familia 1 = 97,635 pzas

Días hábiles disponibles en un mes = 20

Requerimiento diario =  $97,635 / 20 = 4,881.75 = 4,882$  pzas

Horas en promedio en un turno = 8.33

Cálculo del tiempo ritmo:

$$\text{T.R.} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible en un día en segundos}}{\text{Requerimiento total de producción en un día}}$$

Así pues tenemos:

$$\text{T.R.} = \frac{29,988 \text{ seg / día}}{4,882 \text{ pzas / día}} = 6.14 \text{ (seg / pza)}$$

4,882 pzas / día

Este valor de 6.14 es el tiempo al cual debe de salir un espiral.

El tiempo total del ciclo manual es la suma de los tiempos por separados de cada operación dado en segundos.

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| Corte de grafito = | 1.62 seg       |
| Embobinado =       | 19.8 seg       |
| Rebabeo =          | 12.6 seg       |
| Soldado-empaque=   | 12.6 seg       |
| <hr/>              |                |
| Total =            | 46.6 seg / pza |

Para el cálculo de mano de obra requeridos para trabajar esta familia es:

$$\text{Operadores requeridos} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo ritmo}} = \frac{46.6 \text{ seg / pza}}{6.14 \text{ seg / pza}} = 7.6 = 8$$

El número de operadores requeridos es de ocho para cumplir con la demanda de esta familia. La misma metodología se realizará para cada una de las familias y para cada turno, estos análisis se mostrarán a continuación.

## ANALISIS DE TIEMPO RITMO Y MANO DE OBRA A 1 TURNO

TIPOS DE PRODUCTOS DEFINIDOS POR CADA CELDA "U"

- 1 Espiral con grafito, rebabeada con ring de soldado
- 2 Espiral con grafito, rebabeada y empacada.
- 3 Espiral con mica y grafito, rebabeada

### FAMILIA 1

Requerimiento del cliente

| pzaz  |       |
|-------|-------|
| 40507 | 9764  |
| 40471 | 29290 |
| 40480 | 19527 |
| 40695 | 24409 |
| 40488 | 14645 |

Demanda mensual                    97635 Piezas  
 Dias dis. por mes promedio        20  
 Requerimiento Diario.            4881.75 Piezas  
 Horas totales 1er turno            8.33

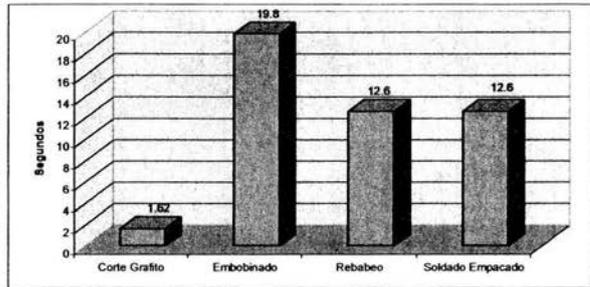
Cálculo del Tiempo Ritmo

$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible/día}}{\text{Requerimiento total de producción/día}} = \frac{29988}{4881.75} \text{ Seg/día} = \frac{6.14 \text{ Seg}}{\text{Pzas/día}}$$

Tiempo Ritmo = 6.14 Seg / pieza

Tiempo Total de ciclo manual

|               |              |                |
|---------------|--------------|----------------|
| Corte Grafito | 1.62         | Seg/pza        |
| Embobinado    | 19.8         | Seg/pza        |
| Rebabeo       | 12.6         | Seg/pza        |
| Soldado       |              |                |
| Empacado      | 12.6         | Seg/pza        |
| <b>Total</b>  | <b>46.62</b> | <b>Seg/pza</b> |

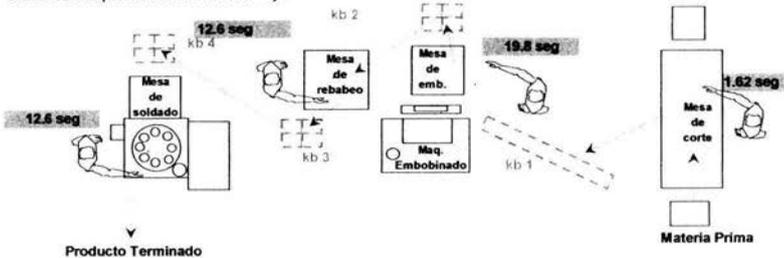


Cálculo de Operadores requeridos

$$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{46.62}{6.14} \frac{\text{Seg / Pieza}}{\text{Seg / Pieza}} = 7.59$$

Oper. Req. 7.59 = 8 Por turno

Distribución de personal x estación de trabajo



## FAMILIA 2

Requerimiento del cliente  
pzas

|       |       |
|-------|-------|
| 40637 | 22762 |
| 40493 | 976   |
| 40495 | 8787  |

Demanda mensual 32545 Piezas  
Dias dis. por mes promedio 20  
Requerimiento Diario 1627.25 Piezas  
Horas totales 1er turno 8.33

### Cálculo de Tiempo Ritmo

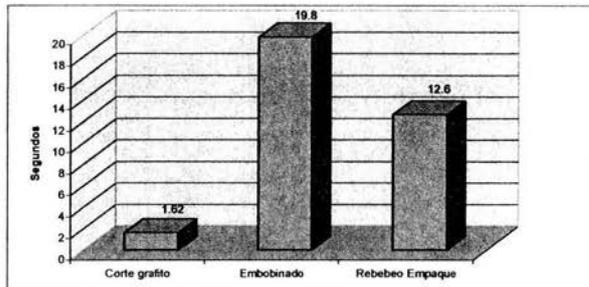
$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de produccion disponible/mes}}{\text{Requerimiento total de produccion/mes}} = \frac{29988 \text{ Seg/dia}}{1627.25 \text{ Pzas/dia}} = 18.43 \text{ Seg / pza}$

Tiempo Ritmo = 18.43 Seg / pza

### Total Manual Cycle Time

Corte grafito 1.62 seg/pieza  
 Embobinado 19.8 seg/pieza  
 Rebebeo 12.6 seg/pieza  
 Empaque

Total 34.02 seg/pieza

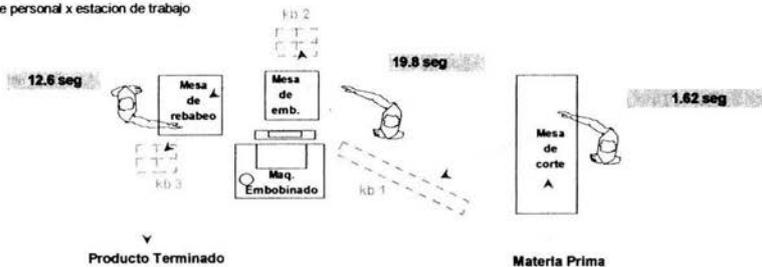


### Cálculo de Operadores requeridos

$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{34.02 \text{ Seg / Pieza}}{18.43 \text{ Seg / Pieza}} = 1.85$

Oper. Req. 1.85 = 2 Por turno

### Distribucion de personal x estacion de trabajo



### FAMILIA 3

Requerimiento del cliente

| pzas  |       |
|-------|-------|
| 40636 | 9764  |
| 40638 | 48817 |
| 40458 | 9763  |
| 40658 | 29291 |
| 40671 | 97635 |

Demanda mensual 195270 Piezas  
 Dias dis. por mes promedio 20  
 Requerimiento Diario. 9763.5 Piezas  
 Horas totales 1er turno 8.33

Cálculo de Tiempo Ritmo

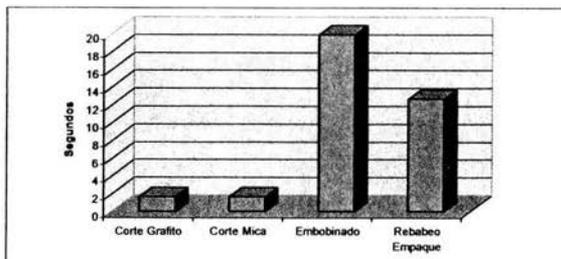
$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible/mes}}{\text{Requerimiento total de producción/mes}} = \frac{29988}{9763.5} \frac{\text{Seg/día}}{\text{Pzas/día}} = 3.07 \text{ Seg / pza}$$

Tiempo Ritmo= 3.07 Seg / pza

Tiempo total de ciclo manual

Corte Grafito 1.62 seg/pieza  
 Corte Mica 1.62 seg/pieza  
 Embobinado 19.8 seg/pieza  
 Rebabeo 12.6 seg/pieza

Total 35.64 Seg/Pieza

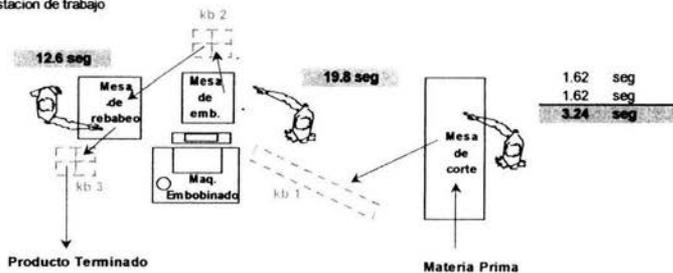


Cálculo de Operadores requeridos

$$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{35.64 \text{ Seg / Pza}}{3.07 \text{ Seg / Pieza}} = 11.60$$

Oper. Req. 11.60 = **12** Por turno

Distribución de personal x estacion de trabajo



### RESUMEN

Maquinas embobinadoras disponibles x turno = 7  
 Maquinas soldadoras disponibles x turno = 2  
 Total de Operadores por turno = **22**

Dado los resultados del analisis tenemos que se requieren un total de 22 operadores distribuidos en un turno. Quedando la plantilla de la siguiente manera:

1er Turno:

Embobinadoras: 7  
 Rebabeadoras: 7  
 Soldadoras: 2  
 Cortadora: 1  
 17

Total de operadores: 17  
 Sobrando: 5 operadores.

El procedimiento se repite pero se analiza a dos turnos.

## ANALISIS DE TIEMPO RITMO Y MANO DE OBRA A 2 TURNOS

TIPOS DE PRODUCTOS DEFINIDOS POR CADA CELDA "U"

- 1 Espiral con grafito, rebabeada con ring de soldado
- 2 Espiral con grafito, rebabeada y empacada.
- 3 Espiral con mica y grafito, rebabeada

### FAMILIA 1

Requerimiento del cliente

|       | pzas  |
|-------|-------|
| 40507 | 9764  |
| 40471 | 29290 |
| 40480 | 19527 |
| 40695 | 24409 |
| 40488 | 14645 |

Demanda mensual 97635 Piezas  
 Dias disp. por mes promedio 20  
 Requerimiento Diario 4881.75 Piezas  
 Horas totales en 2 turnos 17.33

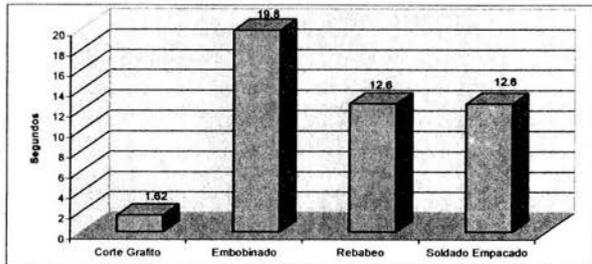
Cálculo de Tiempo Ritmo

$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible/día}}{\text{Requerimiento total de producción/día}} = \frac{62388}{4881.75} \frac{\text{Seg/día}}{\text{Pzas/día}} = 12.78 \text{ Seg / pza}$$

Tiempo Ritmo = 12.78 Seg / pieza

Tiempo Total de ciclo manual

|               | pzas/seg     |                    |
|---------------|--------------|--------------------|
| Corte Grafito | 1.62         | seg/pieza          |
| Embobinado    | 19.8         | seg/pieza          |
| Rebabeo       | 12.6         | seg/pieza          |
| Soldado       |              |                    |
| Empacado      | 12.6         | seg/pieza          |
| <b>Total</b>  | <b>46.62</b> | <b>Seg / Pieza</b> |



Cálculo de Operadores requeridos

$$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{46.62}{12.78} \frac{\text{Seg / Pieza}}{\text{Seg / Pieza}} = 3.65$$

Oper. Req. 3.65 = 4 Por turno

Distribución de personal x estación de trabajo



## FAMILIA 2

Requerimiento del cliente  
pzaz

|       |       |
|-------|-------|
| 40637 | 22782 |
| 40493 | 976   |
| 40495 | 8787  |

Demanda mensual 32545 Piezas  
Dias disp por mes promedio 20  
Requerimiento Diario. 1627.25 Piezas  
Horas totales en 2 turnos 17.33

### Cálculo de Tiempo Ritmo

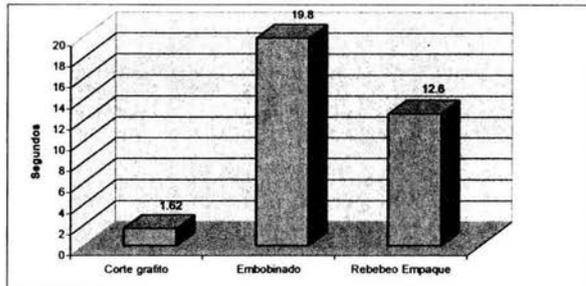
Tiempo Ritmo =  $\frac{\text{Tiempo de producción disponible/mes}}{\text{Requerimiento total de producción/mes}}$  =  $\frac{62388 \text{ Seg/día}}{1627.25 \text{ Pzas/día}}$  = 38.34 Seg / pza

Tiempo Ritmo = 38.34 Seg / Pzas

### Total Manual Cycle Time

Corte grafito 1.62 seg/pieza  
Embobinado 19.8 seg/pieza  
Rebebeo 12.6 seg/pieza  
Empaque

Total 34.02 Seg / pza

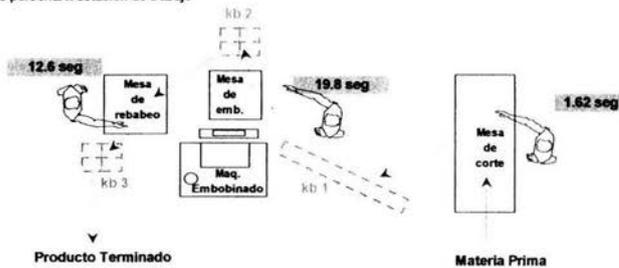


### Cálculo de Operadores requeridos

Oper. Req. =  $\frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo ritmo}}$  =  $\frac{34.02 \text{ Seg / Pieza}}{38.34 \text{ Seg / Pieza}}$  = 0.89

Oper. Req. 0.89 = 1 Por turno

### Distribución de personal x estacion de trabajo



### FAMILIA 3

Requerimiento del cliente

| pzas  |       |
|-------|-------|
| 40636 | 9764  |
| 40638 | 48817 |
| 40458 | 9763  |
| 40658 | 29291 |
| 40671 | 97635 |

Demanda mensual 195270 Piezas  
 Dias disp. por mes promedio 20  
 Requerimiento Diario 9763.5 Piezas  
 Horas totales en 2 turnos 17.33

Cálculo de Tiempo Ritmo

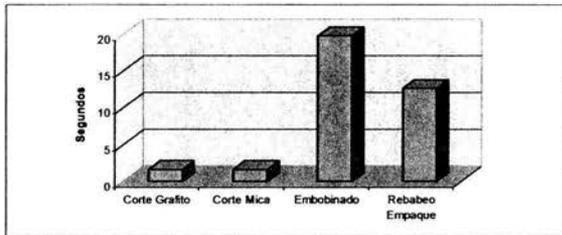
$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible/mes}}{\text{Requerimiento total de producción/mes}} = \frac{62388 \text{ Seg/día}}{9763.5 \text{ Pzas/día}} = 6.39 \text{ Seg / pza}$$

Tiempo Ritmo = 6.39 Seg / pza

Tiempo total de ciclo manual

Corte Grafito 1.62 seg/pieza  
 Corte Mica 1.62 seg/pieza  
 Embobinado 19.8 seg/pieza  
 Rebabeo 12.6 seg/pieza  
 Empaque 12.6 seg/pieza

Total 35.64 Seg / Pieza

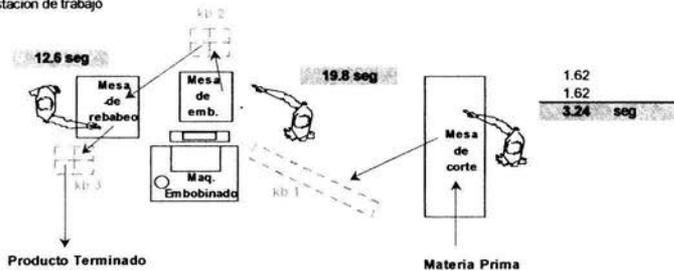


Cálculo de Operadores requeridos

$$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{35.64 \text{ Seg / Pieza}}{6.39 \text{ Seg / Pieza}} = 5.58$$

Oper. Req. 5.58 = 6 Por turno

Distribución de personal x estación de trabajo



### RESUMEN

Total de Operadores = 11  
 Máquinas disponibles por turno = 7  
 Máquinas soldadoras disp. Por turno = 2

Dado los resultados del analisis tenemos que se requieren un total de 22 operadores distribuidos en dos turnos Qudando las plantillas de la siguiente manera:

|                |    |                |    |
|----------------|----|----------------|----|
| 1er Turno:     |    | 2o Turno:      |    |
| Embobinadoras: | 5  | Embobinadoras: | 4  |
| Rebabeadoras:  | 5  | Rebabeadoras:  | 4  |
| Soldadoras:    | 1  | Soldadoras:    | 1  |
| Cortadora:     | 1  | Cortadora:     | 1  |
|                | 12 |                | 10 |

Total de operadores: 22

El procedimiento se repite pero ahora el análisis es para 3 turnos.

### ANALISIS DE TIEMPO RITMO Y MANO DE OBRA A 3 TURNOS

TIPOS DE PRODUCTOS DEFINIDOS POR CADA CELDA "U"

- 1 Espiral con grafito, rebabeada con ring de soldado
- 2 Espiral con grafito, rebabeada y empacada.
- 3 Espiral con mica y grafito, rebabeada

#### FAMILIA 1

Requerimiento del cliente

|       | pzas  |
|-------|-------|
| 40507 | 9764  |
| 40471 | 29290 |
| 40480 | 19527 |
| 40695 | 24409 |
| 40488 | 14645 |

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| Demanda mensual            | 97635 Piezas   |
| Dias dis. por mes promedio | 20             |
| Requerimiento Diario       | 4881.75 Piezas |
| Horas totales en 3 turnos  | 22.33          |

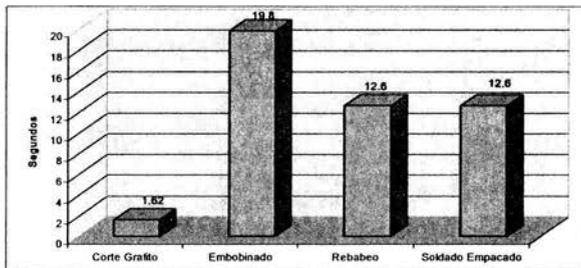
Cálculo de Tiempo Ritmo

$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de produccion disponible/dia}}{\text{Requerimiento total de produccion/dia}} = \frac{80388}{4881.75} \text{ Seg/dia} = \frac{16.47 \text{ Seg / pza}}{\text{Pzas/dia}}$$

Tiempo Ritmo = 16.47 Seg / pieza

Tiempo Total de ciclo manual

|               |          |             |
|---------------|----------|-------------|
|               | pzas/seg |             |
| Corte Grafito | 1.62     | seg/pieza   |
| Embobinado    | 19.8     | seg/pieza   |
| Rebabeo       | 12.6     | seg/pieza   |
| Soldado       |          |             |
| Empacado      | 12.6     | seg/pieza   |
| Total         | 46.62    | Seg / Pieza |



Cálculo de Operadores requeridos

$$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{46.62}{16.47} \text{ Seg / Pieza} = \frac{2.83 \text{ Seg / Pieza}}{\text{Seg / Pieza}}$$

Oper. Req. 2.83 = 3 Por turno

Distribucion de personal x estacion de trabajo



## FAMILIA 2

Requerimiento del cliente  
pzas

|       |       |
|-------|-------|
| 40637 | 22782 |
| 40493 | 976   |
| 40495 | 8787  |

Demanda mensual 32545 Piezas  
Dias disp. por mes promedio 20  
Requerimiento Diario. 1627.25 Piezas  
Horas totales en 3 turnos 22.33

### Cálculo de Tiempo Ritmo

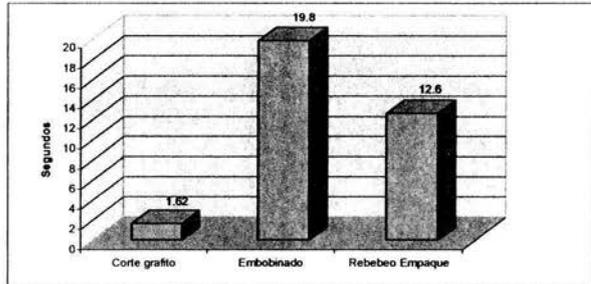
$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible/mes}}{\text{Requerimiento total de producción/mes}} = \frac{80388 \text{ Seg/día}}{1627.25 \text{ Pzas/día}} = 49.40 \text{ Seg / pza}$$

Tiempo Ritmo = 49.40 Seg / pza

### Tiempo total del ciclo manual

Corte grafito 1.62 seg/pieza  
Embobinado 19.8 seg/pieza  
Rebebeo 12.6 seg/pieza  
Empaque 12.6 seg/pieza

Total 34.02 Seg / pieza

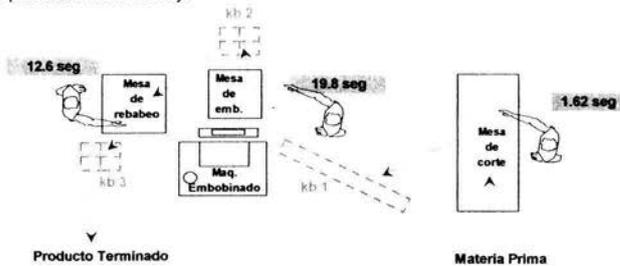


### Operadores requeridos

$$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{34.02 \text{ Seg / Pzas}}{49.40 \text{ Seg / Pieza}} = 0.69$$

Oper. Req. 0.69 = 1 Por turno

### Distribución de personal x estacion de trabajo



### FAMILIA 3

Requerimiento del cliente

| pzas  |       |
|-------|-------|
| 40636 | 9764  |
| 40638 | 48817 |
| 40458 | 9763  |
| 40658 | 29291 |
| 40671 | 97635 |

Demanda mensual 195270 Piezas  
 Dias disp. por mes promedio 20  
 Requerimiento Diario 9763.5 Piezas  
 Horas totales en 3 turnos 22.33

Cálculo de Tiempo Ritmo

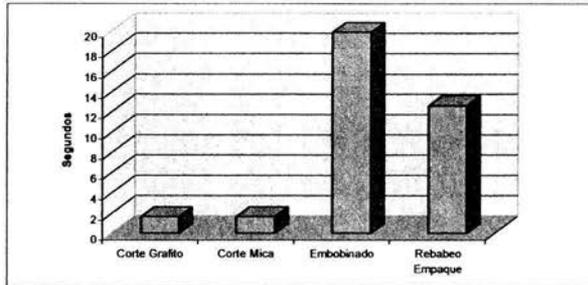
$$\text{Tiempo Ritmo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible/mes}}{\text{Requerimiento total de producción/mes}} = \frac{80388 \text{ Seg/día}}{9763.5 \text{ Pzas/día}} = 8.23 \text{ Seg / pza}$$

Tiempo Ritmo = 8.23 Seg / pza

Tiempo total de ciclo manual

Corte Grafito 1.62 seg/pieza  
 Corte Mica 1.62 seg/pieza  
 Embobinado 19.8 seg/pieza  
 Rebabeo 12.6 seg/pieza  
 Empaque

Total 35.64 Seg / Pieza

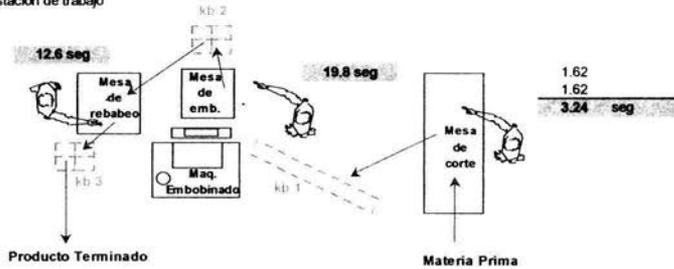


Cálculo de Operadores requeridos

$$\text{Oper. Req.} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo manual}}{\text{Tiempo Ritmo}} = \frac{35.64 \text{ Seg / Pieza}}{8.23 \text{ Seg / Pieza}} = 4.33$$

Oper. Req. 4.33 = 5 Por turno

Distribución de personal x estación de trabajo



### RESUMEN

Total de Operadores por turno = 9  
 Máquinas embobinadoras disponibles por turno = 7  
 Máquinas soldadoras disponibles por turno = 2

Dado los resultados del analisis tenemos que se requieren un total de 27 operadores distribuidos en tres turnos  
 Quidando las plantillas de la siguiente manera:

| 1er Turno:       | 2o Turno:        | 3o Turno:      |
|------------------|------------------|----------------|
| Embobinadoras: 5 | Embobinadoras: 4 | Embobinador: 3 |
| Rebabeadoras: 4  | Rebabeadoras: 4  | Rebabeador: 3  |
| Soldadoras: 1    | Soldadoras: 1    | Soldadoras: 0  |
| Cortadora: 1     | Cortadora: 1     | Cortadora: 0   |
|                  |                  |                |
| 11               | 10               | 6              |

Total de operadores: 27

### 3.1.2 INTERPRETACIÓN DE LOS CÁLCULOS

Después de realizar los cálculos de tiempo ritmo y mano de obra para los tres turnos llegamos a lo siguiente:

En el análisis a un turno, se puede ver que se requieren un total de 26 operadores, pero sólo se cuentan con siete máquinas embobinadoras, dos máquinas soldadoras, y una máquina cortadora de materia prima por lo que tendríamos hasta ahora un total de 10 personas (una en cada máquina) y cada máquina embobinadora requiere su rebabeadora por lo que sería en total 17 personas sobrando cinco operadoras que estarían sin hacer ninguna actividad.

Ahora bien, si observamos el análisis a tres turnos, veremos que se requerirían un total de 9 personas por turno, siendo un total de 27 personas distribuidos de la siguiente manera:

| 1er Turno    |    | 2º Turno     |    | 3er Turno    |   |
|--------------|----|--------------|----|--------------|---|
| Embobinadora | 5  | Embobinadora | 4  | Embobinadora | 3 |
| Soldadoras   | 1  | Soldadoras   | 1  | Soldadoras   | 0 |
| Rebabeadoras | 4  | Rebabeadoras | 4  | Rebabeadoras | 3 |
| Cortadoras   | 1  | Cortadoras   | 1  | Cortadoras   | 0 |
| Total oper.  | 11 | Total oper.  | 10 | Total oper.  | 6 |

**Tabla 2. Distribución de operadores en el análisis a tres turnos**

El resultado nos indica que se debe distribuir nueve personas entre rebabeadoras y embobinadoras en cada turno, pero como en el primer turno se tienen disponibles las 10 máquinas, lo que se busca es aprovechar totalmente el primer turno ya que todas las personas están más despiertas. Por esta razón, se decidió formar los grupos como se vió en la tabla anterior, teniendo el mínimo de personas en un tercer turno, evitando también que se tenga un alto índice de accidentes.

En el análisis del segundo turno podemos ver que se requieren un total de 11 personas por turno, pero como mencionamos anteriormente en el primer turno hay un total de 8.33 horas nos conviene que tengamos todas las máquinas ocupadas y en un segundo turno hay siete horas pondríamos menos gente, quedando la distribución de la siguiente manera:

| 1er Turno        |    | 2º Turno         |    |
|------------------|----|------------------|----|
| Embobinadoras    | 5  | Embobinadoras    | 4  |
| Soldadoras       | 1  | Soldadoras       | 1  |
| Rebabeadoras     | 5  | Rebabeadoras     | 4  |
| Cortadoras       | 1  | Cortadoras       | 1  |
| Total operadores | 12 | Total operadores | 10 |

**Tabla 3. Distribución de operadores en el análisis a dos turnos**

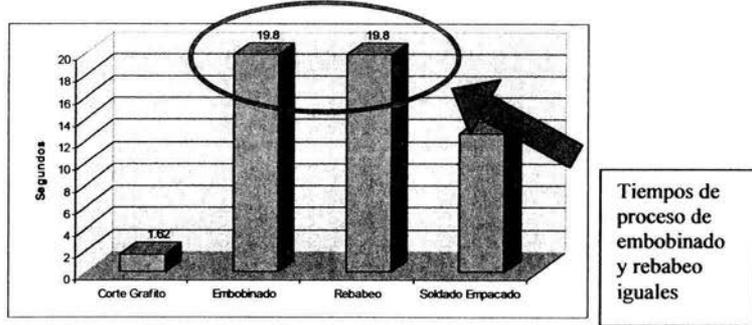
Por lo que se puede llegar a la conclusión que ésta es la mejor opción para cumplir con los requerimientos diarios.

Este análisis se da solamente cuando el proceso, se asemeja a las condiciones ideales del cálculo y para lograr esto se tiene que eliminar todos los tiempos muertos que existan en la línea de producción.

Por lo que el siguiente paso en el sistema **kanban**, es analizar la operación más larga (la barra más grande) y ver de qué forma podemos minimizarla. A esto le llamamos identificar y atacar la restricción (cuello de botella).

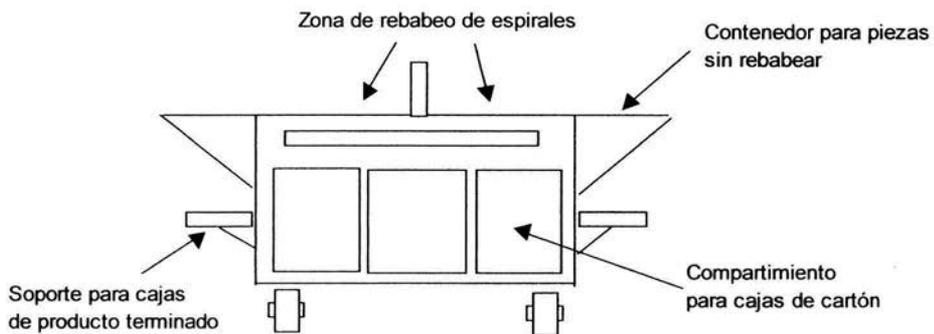
En nuestro caso, tenemos dos operaciones en las que podemos enfocar nuestra atención para atacarlas y disminuirlas lo más que se pueda, estas son las operaciones de embobinado y rebabeo.

De esta manera, tomamos los tiempos actuales de proceso, teniendo los siguientes datos mostrados en la figura 13.



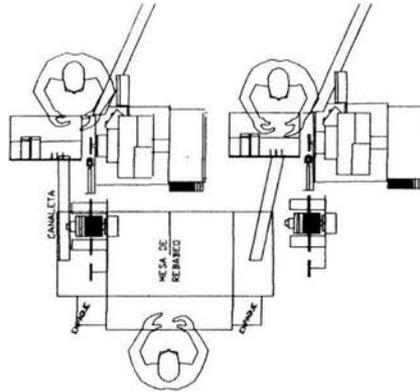
**Figura 13. Pareto de tiempo de operaciones**

Si observamos la hoja de análisis de tiempos anexos G, H e I, de las páginas 97, 98 y 99 respectivamente, podemos ver que la operación de rebabeo se puede hacer casi en una proporción de dos a uno, esto es por cada espiral embobinada se rebabea aproximadamente dos. Esto nos llevó a pensar que se tenía que diseñar una mesa en la cual se pudieran conectar dos máquinas embobinadoras y que además, se pudieran empacar allí mismo, teniendo el siguiente diseño figura 14.



**Figura 14. Vista frontal de cómo se ve la mesa para rebabeo propuesta**

Por lo que se formaron centros de trabajo que llamamos células de manufactura con dos máquinas y una sola mesa de rebabeo teniendo en total tres personas por célula (figura 15).



**Figura 15. Vista superior del arreglo de dos máquinas y una mesa de rebabeo**

Además de que se cambió el método de trabajo deslizando en forma continua cada espiral que se embobinaba hacia la nueva mesa de rebabeo y la operadora le quitaba la rebaba y la revisaba de los defectos más comunes. Esto realmente tenía una gran ventaja ya que si empezaban a salir mal inmediatamente se podía corregir el problema porque existe mucho más comunicación. Por lo que se aumentó considerablemente la salida de producto terminado.

Después de la realización de estos cambios, se analizó el tiempo de montaje, ya que se estaba perdiendo mucho tiempo en esta actividad y en el ajuste de cada número de parte, no dando los resultados esperados después del análisis del tiempo ritmo, ya que el objetivo no era alcanzado. Es así cuando se realizó un análisis SMED.

### 3.2 CASO SMED. DURANTE EL ANÁLISIS DEL TIEMPO RITMO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ELIMINACIÓN DE LOS DESPERDICIOS 5 “S’s”.

Como se mencionó anteriormente una de las actividades donde más tiempo se perdía, era el montaje del mandril en la máquina semiautomática ya que primeramente, se tenía que buscar el mandril y su respectivo botador, buscar las llaves requeridas para retirar el mandril anterior, cambiar el botador que retira la pieza del mandril y que físicamente tenía la misma figura del mandril, colocar el botador de la pieza a trabajar, colocar el mandril (herramienta para formar el espiral) y ajustar presión, número de vueltas de acero, mica y/o grafito según se requiriera, finalmente realizar la prueba de compresión para liberar el proceso y así comenzar a trabajar. Todo este proceso de montaje se llevaba aproximadamente 1 hora con 45 minutos en donde se perdía mucho tiempo y que finalmente no se podía cumplir con los programas de producción. Por lo que se decidió que era importante reducir, lo más que se pudiera los desperdicios de tiempo.

Lo primero que se hizo fué impartir platicas acerca de esta metodología japonesa a todos los niveles. Finalmente siguiendo la metodología de las 5 S’s se realizó lo siguiente:

**Selección (Seiri):** Se Seleccionó todo lo que es necesario para los montajes como son tornillos, llaves allen, llaves españolas, mandriles, botadores y pinzas. Se encontraron tornillos barridos, faltante de llaves allen, mandriles rotos, tirando todo lo que no servía en el área o mandarlo a otra área en donde se pudiera utilizar.

**Ordenar (Seiton):** Todo este material se le dió un lugar, se le identificó con carteles para que todas las personas que trabajan en esta área supieran donde buscar y así disminuir el tiempo. Es decir un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

**Limpieza (Seiso):** Limpiar toda el área y mantenerla así para que sea más fácil encontrar lo que se necesite. Para esto, se decidió tomar 10 minutos antes y al final del turno para limpiar y organizar el área.

Ahora bien, después de realizar estas actividades la teoría el SMED dice que lo primero que se tiene que hacer es separar las actividades internas de las externas en un montaje, por lo que fue necesario grabar un montaje y estudiarlo para clasificar las actividades internas y externas. Quiero mencionar que las actividades internas comienzan cuando las últimas partes buenas salen y las primeras piezas buenas del siguiente montaje salen de la máquina, y las actividades externas son el tiempo utiliza el operador en prepara lo necesario para el siguiente montaje mientras la máquina esta trabajando. Para esto se elaboró la tabla 4, en donde se recabaron datos para después identificar las actividades internas de las externas.

| HOJA DE OBSERVACION PARA REDUCIR EL TIEMPO DE MONTAJE    |   |          |               |                      |   |   |                                     |
|--|---|----------|---------------|----------------------|---|---|-------------------------------------|
| MÁQUINA Y TIPO DE MONTAJE                                |   |          | No PARTE      | PREPARADO POR        |   |   |                                     |
| Máquina semi automática E21 cambio de número de espiral. |   |          | 40671 - 40658 | Oscar Juárez Romero. |   |   |                                     |
|  |   |          | AREA          | FECHA                |   |   |                                     |
|  |   |          | Espirales     | Febrero 2000         |   |   |                                     |
| Actividad  | DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD                               | TIEMPO   |               | TIEMPO TRANSCURRIDO  | HERRAMIENTAS USADAS   | INFORMACIÓN VITAL DEL PROCESO   | TIPO DE OPERACIÓN INTERNA / EXTERNA |
|  |   | COMIENZO | FINALIZACION  |                      |   |   |                                     |
| 1  | Últimas piezas buenas del 40671 en máquina E21            | 00:00:00 | 00:01:40      | 1 min 40 seg         |   |   | INTERNA                             |
| 2  | Limpieza del centro de trabajo                            | 00:01:40 | 00:06:25      | 4 min 45 seg         | Escoba, recogedor, bote de basura                               |   | EXTERNA                             |
| 3  | Sin actividad   | 00:06:25 | 00:16:46      | 10 min 20 seg        |   |   |                                     |
| 4  | Buscar herramientas y llevarlas al área de trabajo        | 00:16:46 | 00:31:16      | 14 min 30 seg        | mandril, botador, llaves allen tornillos de diferentes medidas  | Las medidas que se utilizan son de diferentes medidas por lo que se tiene que ir a buscarlas a medida que se van necesitando. | EXTERNA                             |
| 5  | Cambiar mandril y botador                                 | 00:31:16 | 00:53:10      | 22 min 25 seg        | mandril, botador, llaves allen tornillos de diferentes medidas. |   | INTERNA                             |
| 6  | Ajuste de presión y cargar parámetros de operación        | 00:53:10 | 01:02:33      | 9 min 43 seg         |   | El panel de control maneja un programa que esta en inglés y se va metiendo dato por dato.                                     | INTERNA                             |
| 7  | Realizar prueba de compresión                             | 01:02:33 | 01:18:46      | 17 min 19 seg        | Máquina de compresión   | Esta máquina esta ubicada en el laboratorio de metrología   | INTERNA                             |
| 8  | Ajuste final de presión                                   | 01:18:46 | 01:23:27      | 6 min 13 seg         |   |   | INTERNA                             |
| 9  | Realizar prueba de compresión final                       | 01:23:27 | 01:38:10      | 15 min 37 seg        | Máquina de compresión   | Esta máquina esta ubicada en el laboratorio de metrología   | INTERNA                             |
| 10   | Dejar herramientas, mandril, botador anterior en su lugar | 01:38:10 | 01:43:20      | 5 min 30 seg         |   | Se dejan las herramientas en el anaquel de herramientas   | EXTERNA                             |
| 11   | Primeras 5 piezas buenas del 40658 en máquina E21         | 01:43:20 | 01:44:40      | 2 min                |   | Estas piezas son medidas con el peso (no peso para verificar que están dentro de especificación).                             | INTERNA                             |

Tabla4. Hoja SMED.

De la tabla 4, se formó un pareto (figura 16) en donde podemos ver el 80 –20 de las actividades en donde se pierde más tiempo para posteriormente atacarlas.



Figura 16. Pareto de problemas.

A continuación se presenta una descripción de la figura 16 el primer punto será:

**1. Prueba de compresión.** Este es el punto número uno que se atacó ya que la razón principal que hace perder más tiempo es que se tiene que realizar forzosamente esta prueba a cada número de parte por que requiere la especificación de cada espiral. La prueba destructiva consiste como anteriormente se mencionó en someter a la pieza a una compresión para ver si con la cantidad actual de material soportará la compresión que tendrá en la aplicación, es decir en un motor de combustión interna. Se optó por cambiar de lugar la máquina y llevarla al área de trabajo donde después de cada montaje se tiene que verificar dimensionalmente cada pieza, integrándola como parte del proceso y eliminando de esta forma el transporte de la pieza hasta el laboratorio de metrología. Se redujo el tiempo de 17 minutos a 5 minutos aproximadamente.

**2. Cambio de mandril y botador.** Después de observar y analizar como se cambiaba el mandril y el botador, se notó que al cambiar el botador se tardaba la operadora en ajustar el mismo ya que necesitaba varias llaves allen y se optó por cambiarlo por uno más simple, además de que se estandarizaron todos los tornillos que se utilizaban para sujetar tanto el mandril como el botador a tornillos allen de 5/16. A todas las herramientas se les asignó un lugar cerca de las máquinas y de igual manera a los mandriles de cada número de parte. El resultado fué que se redujo el tiempo de esta operación de 22 minutos a 10 en promedio.

**3. Ajustes.** Las máquinas contaban con un programa en donde se iban metiendo los parámetros de operación uno por uno, además de que las instrucciones y leyendas estaban en idioma ingles, esto hacía muy lento el cambiar de número de parte y además, se tenía que invertir tiempo en capacitación, pero lo principal era que no había en el mercado ningún software para repararlo en caso de que se borrara. Se optó entonces cambiar el panel de control por uno más actualizado y más fácil de operar. El resultado fue que se redujo el tiempo de esta operación de 9 minutos a 5 minutos.

Después de realizar cada uno de estos cambios se volvió a analizar el diagrama de flujo de proceso (Anexo B página 92) y se compararon los dos diagramas antes y después teniendo los siguientes indicadores:

| <i>Tiempo de<br/>manufactura antes de<br/>aplicar kanban</i> | <i>Distancia Recorrida<br/>antes de aplicar<br/>kanban</i> | <i>Tiempo de<br/>manufactura después<br/>de aplicar kanban</i> | <i>Distancia recorrida<br/>después de aplicar<br/>kanban</i> |
|--|--|--|--|
| 442 minutos  | 213 metros   | 360 minutos  | 99 metros  |

El ahorro en tiempo de manufactura es de 18.55 % esto se obtuvo de dividir 360 minutos entre 442 y el resultado se le restaba la unidad y la distancia recorrida durante todo el proceso mejoró en un 53 % ( $1 - (99/213)$ ), quedando la distribución

de planta como se puede observar en el anexo D de la página 94, donde existe un mejor flujo de materiales, quedando todo lo más importante dentro del área.

Otro punto importante es saber el estado en el que se encuentra la línea de producción ya que a simple vista no se sabe que es lo que está ocurriendo por ejemplo si falta material, si una máquina está descompuesta, si faltó material, si hay algún problema de proceso, por lo que se pensó en desarrollar un pizarrón donde cualquier persona ajena al proceso y las que están inmersas en el, puedan saber que es lo que está pasando.

### 3.3 GESTIÓN VISUAL DEL PROCESO

Primero se llegó a un acuerdo entre las áreas de producción, manufactura, calidad y materiales para la información necesaria o importante que se debería de poner en el pizarrón, quedando de la siguiente manera:



Figura 17. Pizarrón de estado de línea

La figura 17 se compone de tres secciones, la primera es un sistema a base de tarjetas que nos muestra el número de piezas a trabajar, teniendo un código de colores donde el rojo representa que hace falta material, el azul nos dice que la herramienta para fabricar una orden de producción esta en el taller reparándose, el verde nos indica que la orden de fabricación se esta llevando a cabo sin ningún problema.

El segundo tarjetero es un sistema que nos indica el estado actual de la máquina y cuando está en azul nos indica que ocurrió un problema y que la máquina se encuentra en mantenimiento. En esta tarjeta además se apunta con marcador de agua la fecha y la hora en que se descompuso.

El tercer tarjetero es un sistema que nos indica que la materia prima "X" ya está a punto de terminarse y que va a ser necesario suministrar más. El material es suministrado a cada ventana **kanban** y cuando llegue al mínimo requerido, se tome la tarjeta y se coloque en el tarjetero correspondiente anotando la fecha y la hora. Esto es muy visible para cualquier persona que pasa por la línea de producción y sobre todo para el departamento encargado de pedir la materia prima.

En la segunda sección del pizarrón de estado de línea en donde se coloca el estandar de producción por hora como objetivo y la producción real que se esta fabricando, de tal forma que se hace un comparativo y en caso de que no se logre el objetivo en una hora se debe de indicar el motivo por el cual no se alcanzó la producción pudiendo ser una máquina parada, falta de operador, falta de material, etc. Además se va anotando los acumulados por turnos y finalmente la cantidad que se fabricó en el mes.

En la tercera sección es donde se colocan los indicadores del departamento de producción como gráficas de rendimiento, información de quienes rolarán primero o segundo turno, el cálculo del tiempo ritmo y número de operadores, familias de productos, etc. Información de calidad como gráficas de desperdicio, si hay algún

rechazo por parte del cliente, alguna alarma de calidad, etc., y la información de seguridad como trípticos del uso del equipo de protección personal, ubicación de extintores, etc.

De tal forma que se empezó a trabajar con este sistema capacitando a toda la gente de todos los niveles explicando los beneficios que se lograrían si el sistema se lleva de la mejor manera. Así se comenzó a llevar el sistema en toda la planta, en cada una de las áreas, se evaluó cada una de los puntos que vimos en este trabajo.

Los resultados de la aplicación del sistema kanban y gestión visual se verán más a fondo en el siguiente capítulo.

## **CAPITULO 4**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

A lo largo de todo este estudio se observó que la planta en estudio tenía serios problemas de productividad, si vemos los anexos E y F (páginas 95 y 96 respectivamente) esta productividad en el año 2000 y el primer cuarto del año 2001 fue en promedio de 79.33%, tiempos de manufactura muy largos aproximadamente de 7.36 horas por cada lote fabricado (ver anexo B página 92), demasiado inventario en proceso que escondían muchos problemas de proceso que traían como consecuencia piezas defectuosas aproximadamente 8% si promediamos el año 2000 y el primer cuarto del año 2001, además de pérdidas económicas debido a los retrabajos.

Por lo que lo primero que se hizo fue analizar el estado en el que estaba la planta, encontrando que realmente no se tenía un sistema definido de producción, además de Planear la producción con el sistema MRP de materiales que básicamente es un sistema de “empujar” un material a un proceso antes de que sea necesario o utilizado, generando sobre-producción, mucho almacenaje de producto terminado y manejo excesivo de materiales a lo largo de la planta, estos como vimos con anterioridad forman parte de los desperdicios más serios para una fábrica.

Por lo que se reubicaron los centros de trabajo mismos que podemos ver en los anexos A, C y D de las páginas 91,93 y 94 respectivamente, se formaron las familias de productos con características similares y se implantó además el sistema kanban que como se mencionó en los primeros capítulos, es una variante del sistema Justo a Tiempo que controla la producción y el flujo de materiales por medio de señales y en donde se formaron buffers siendo el objetivo principal dar un ritmo de producción, controlando el inventario en proceso que se tenía. Se calcularon máximos y mínimos de los buffers poder trabajar sin parar.

Hecho esto, se calcularon los tiempos ritmos y el número de operadores para cada turno de trabajo, para poder decidir cuantos turnos eran convenientes trabajar. En este momento el proceso se empezó a comportar de una manera constante y se

empezó a disminuir el desperdicio ocasionado por el sobreinventario. Ver anexo F de la página 96.

Se evaluó el tiempo que se ocupaba para cada operación con un estudio de tiempos (ver anexos H e I de las páginas 98 y 99 respectivamente), encontrándose que la operación de rebabeo se podía hacer más rápido que la operación de embobinado en una proporción de casi 2 a 1 esto es 289 piezas rebabeadas y 182 piezas embobinadas, claro que en condiciones que permitieran realizar el trabajo de esta forma. Por lo que se diseñó una mesa que permitiera a una operadora rebabear dos máquinas al mismo tiempo y en forma continua para que además, si existía algún problema se pudiera arreglar en el momento en el que pasó y no como se estaba haciendo hasta una semana más tarde. Este diseño permitió volver a calcular y tiempo ritmo y la mano de obra de manera que se eliminó 3 rebabeadoras y hacer un flujo continuo entre la operación de embobinado y la de rebabeo, alcanzando el estándar propuesto de producción.

Aplicando el análisis de cambio de herramientas en menos de un minuto se logró disminuir el tiempo de montaje de un mandril de 1 hora con 44 minutos a 27 minutos desde que sale la última pieza hasta las primeras piezas del siguiente número de parte empiezan a trabajar, mejorando el tiempo de montaje en un 74% esto resulta de dividir 27 minutos entre 104 y luego multiplicados por cien.

Otro punto que en lo personal fué el más importante, la aplicación del concepto de 5 S's, ya que se seleccionó todo lo que realmente servía en el proceso dándonos cuenta que se tenían muchas cosas que no ocupábamos en el área como vasos, tornillería, herramienta, ropa, piezas rechazadas, piezas fabricadas una semana atrás, piezas de otra área, etc. y se ordenó todo lo que solamente era necesario, se limpió el área, se estandarizó por ejemplo la tornillería que utilizaba cada máquina a un solo tipo, para así ocupar el menor número de llaves, y después lo más difícil ha sido mantenerlo, ya que se tiene que realizar esto todos los días y se debe también estar convencidos de que realmente funciona. Este concepto es

aplicado por empresas como la cervecera Modelo que es una de las empresas más importantes de México teniendo premios de empresa Limpia otorgados por la SEMARNAP, por lo que nos dimos cuenta que es una herramienta de gran ayuda para eliminar los desperdicios.

Se calculó el tiempo ritmo y la cantidad de operadores requeridos encontrando que para cumplir con la demanda se debe de trabajar en dos turnos con un total de 22 personas y no como se venía trabajando, dos turnos y un total de 37 personas, teniendo una mejora en mano de obra del 40.5 %, este dato se calculó dividiendo 22 entre 37 y el resultado se le restó a la unidad. Una situación especial fué que, para calcular el tiempo ritmo y la mano de obra se utilizó el tiempo de producción disponibles por día sin tomar en cuenta montajes, ya que lo que se trata es de lograr el máximo trabajo y llegar a las condiciones ideales. Esta metodología es muy útil para conocer el tiempo al que se debe de trabajar y con cuantas personas.

Otro concepto de gran apoyo fue el hecho de hacer más visual todo lo que pasaba en la línea de producción, incorporando sistemas visuales que permiten a cualquier persona saber el estado en el que se encuentra una máquina por ejemplo o si alguna operadora faltó o si falta materia prima, a esto le llamamos: indicadores de estado de línea

Con la incorporación de todos los conceptos mencionados aumentó la productividad en un 11.9% ya que en el año 2000 y el primer cuarto del año 2001 fue en promedio de 79.33% y a partir de abril del año 2001 mejoró hasta llegar a un promedio de 91.23 % y esto se reflejó mejorando el tiempo de entrega, pero el trabajo apenas comienza, ya que lo difícil es mantenerse como empresa competitiva porque en la actualidad, cada vez hay más competencia y solamente sobrevivirán las empresas que siguen mejorando y haciendo sus procesos más eficientes y baratos.

## **CONCLUSIONES**

Debido a la gran competencia entre todas las empresas existentes en el mercado de las autopartes es necesario realizar cambios rápidos para lograr que los procesos de fabricación sean más productivos, eficientes y con los mínimos defectos posibles.

En el caso particular de esta empresa dedicada a la fabricación de sellos para el motor de combustión interna, fue necesario implantar un proceso ya viejo ya que data de los años 60's que las empresas de Japón tuvieron que implementar para subsistir el Justo a Tiempo y además de utilizar una ideología de disminución del desperdicio existente en todas las plantas que es la de las 5 S's. Implantar esta cultura no fue fácil, ya que primero se tuvo que entrenar a toda la gente para lo adoptara y creyera en ello, pero una vez entendidos los conceptos fue de gran ayuda para minimizar los desperdicios de perdida de tiempo buscando herramientas.

Otra ayuda importante fue la implantación de las celdas de manufactura en forma de "U" que su objetivo principal es transformar la materia prima y sacarla como producto terminado dentro del área de fabricación. Con esto se eliminaron los trayectos excesivos y la pérdida de tiempo, aumentando la eficiencia y la productividad de la línea de fabricación.

El colocar pizarrones de estado de línea en la celda fue vital ya que es parte de la gestión visual y ayudó enormemente en la respuesta rápida a los problemas que se pudieran presentar a lo largo de una jornada de trabajo y así mismo toda persona ajena pudiera darse cuenta que era lo que en realidad estaba pasando en la línea.

Pero lo más duro es seguir manteniéndose en el mercado y solamente se puede hacer mejorando día a día y encontrando mejores formas de hacer las cosas.

Mi aprendizaje a lo largo de este trabajo fue como aplicar los conceptos básicos de la manufactura esbelta, como son las 5 S's, las células de manufacturas en forma de "U" y el cálculo de tiempo ritmo y número de operadores, además de los

estudios SMED que es una herramienta muy poderosa para minimizar los tiempos de montaje.

Otras herramientas básicas es la toma de tiempos y las distribuciones de planta que aprendí en la Facultad de Ingeniería y que la reforcé en el caso práctico que se acaba de presentar.

Mis expectativas para el futuro son seguir mejorando los procesos productivos en mi trabajo y encontrar nuevas formas de hacer las actividades, métodos de trabajo más eficientes y productivos.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Buffer.** Inventario en proceso controlado que tiene un máximo y un mínimo que a lo largo del tiempo se va minimizando para hacer la producción más fluida.

**Espiral.** Sello que va en el tubo de escape en el motor de combustión interna que se compone de vueltas de acero en combinación con grafito y/o mica, que trabaja a altas temperaturas.

**Flange.** Parte del tubo de escape del motor de combustión interna en donde va alojado el espiral.

**Kaizen.** Palabra japonesa que significa "Mejora Continua".

**Kanban.** Palabra japonesa que significa "Señal". Se le nombra de igual manera al sistema de producción que se basa en señales para lograr el justo a tiempo.

**Ring.** Arillo que va soldado a la espiral para asegurar su correcta posición en el momento del ensamble.

**Seiketsu.** Palabra japonesa que forma parte de la ideología de las cinco eses siendo la cuarta, que significa "Estandarizar", es decir, tener las mismas herramientas, tornillería, etc.

**Seire.** Palabra japonesa que forma parte de la ideología de las cinco eses siendo la primera, que significa "Seleccionar" solo lo necesario en un centro de trabajo.

**Seiso.** Palabra japonesa que forma parte de la ideología de las cinco eses siendo la tercera, que significa "Limpieza" del área de trabajo.

**Seiton.** Palabra japonesa que forma parte de la ideología de las cinco eses siendo la segunda, que significa "Ordenar" lo que previamente se seleccionó.

**Shitsuke.** Palabra japonesa que forma parte de la ideología de las cinco eses siendo la última, que significa "Mantener" y que después de haber implantado las anteriores lo que se busca es mantenerlas.

**SMED.** Siglas inglesas "Single Minute Exchange of dies" que en español significa "Cambio de Herramientales en menos de 1 minuto". Haciendo referencia a un estudio para minimizar los tiempo de montaje.

**TAKT TIME.** En español es Tiempo ritmo que se define como el tiempo al cual debe de salir un producto desde que llega la materia prima hasta que sale como producto terminado.

**TPS.** Siglas que hacen referencia al sistema de producción utilizado por Toyota.

## **ANEXOS**



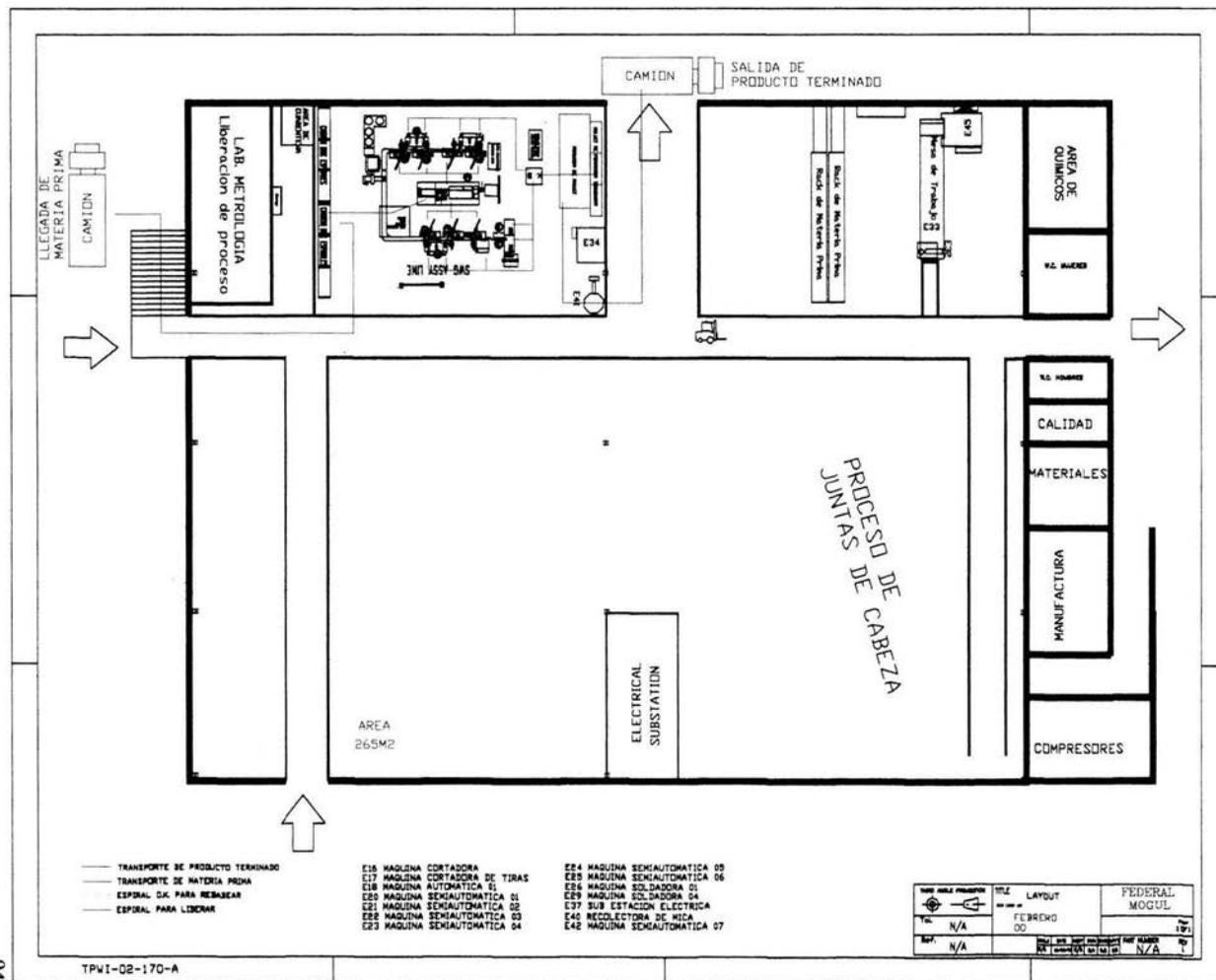
# DIAGRAMA DE FLUJO ANTES DE KANBAN

## DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

| O<br>P<br>E<br>R<br>A<br>C<br>I<br>O<br>N<br>n° | O<br>P<br>E<br>R<br>A<br>C<br>I<br>O<br>N | E<br>I<br>N<br>S<br>P<br>E<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N | T<br>R<br>A<br>N<br>S<br>P<br>O<br>R<br>T<br>E | I<br>N<br>S<br>P<br>E<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N | E<br>S<br>P<br>E<br>R<br>A | A<br>L<br>M<br>A<br>C<br>E<br>N<br>A<br>J<br>E | ACTIVIDAD   | ACTUAL       | Elaboró:              | Oscar Juárez |
|---|---|---|--|--|----------------------------|--|---|--------------|-----------------------|--------------|
|   |   |   |  |  |                            |  | OPERACIÓN   | 5            | Fecha:                | 17/09/2001   |
|   |   |   |  |  |                            |  | TRANSPORTE  | 10           | TIEMPO TOTAL (min)    | 442          |
|   |   |   |  |  |                            |  | DEMORA  | 0            | DISTANCIA TOTAL (mts) | 213          |
|   |   |   |  |  |                            |  | INSPECCIÓN  | 5            |                       |              |
|   |   |   |  |  |                            |  | ALMACENAJE  | 1            |                       |              |
|   |   |   |  |  |                            |  | DESCRIPCION DEL EVENTO                                  | TIEMPO (min) | DISTANCIA (mts)       |              |
| 1   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a almacén de materia prima.                  | 15           | 38                    |              |
| 2   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Colocar en rack de materia prima                        | 15           | 0                     |              |
| 3   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Liberación de materia prima                             | 30           | 0                     |              |
| 4   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a área de corte de grafito, mica.            | 7            | 40                    |              |
| 5   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Corte de rollo  | 5            | 0                     |              |
| 6   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Corte en tiras  | 5            | 0                     |              |
| 7   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a área de embobinado                         | 3            | 3                     |              |
| 8   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Ajuste de máquina embobinadora                          | 60           | 0                     |              |
| 9   | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a área de liberación de primera pieza.       | 3            | 27.5                  |              |
| 10  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Prueba de compresión y chequeo dimensional.             | 15           | 0                     |              |
| 11  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a área de embobinado.                        | 3            | 27.5                  |              |
| 12  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Embobinado de espiral por lote.                         | 100          | 0                     |              |
| 13  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a área de rebabeo y empaque.                 | 3            | 35                    |              |
| 14  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Rebabeo - soldado - empaque por lote.                   | 128.6        | 0                     |              |
| 15  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte al área de liberación de producto terminado. | 3            | 3                     |              |
| 16  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Inspección y liberación del producto terminado.         | 10           | 0                     |              |
| 17  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a almacén de producto terminado.             | 3            | 7                     |              |
| 18  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Almacenaje  | 15           | 0                     |              |
| 19  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a máquina formadora de pallet.               | 3            | 7                     |              |
| 20  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Formado del pallet                                      | 5            | 0                     |              |
| 21  | 0   | □   | ⇒  | □  | ◇                          | △  | Transporte a camión.                                    | 10           | 25                    |              |



# DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DESPUÉS DE KANBAN



# INDICADORES EN EL AÑO 2000

|             |                                 | Ene-00  | Feb-00 | Mar-00 | Abr-00 | May-00 | Jun-00  | Jul-00  | Ago-00 | Sep-00  | Oct-00 | Nov-00 | Dic-00 |
|-------------|---------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| PRODUCCIÓN  | PRODUCCIÓN PROGRAMADA EN PIEZAS | 325000  | 310700 | 310700 | 325000 | 325000 | 360250  | 360250  | 325000 | 325000  | 325000 | 315700 | 297700 |
|             | PRODUCCIÓN REAL EN PIEZAS       | 325000  | 297867 | 305607 | 318256 | 320489 | 360320  | 368523  | 318504 | 325140  | 315250 | 301585 | 285040 |
|             | % SALIDA                        | 100.000 | 95.870 | 98.361 | 97.925 | 98.612 | 100.019 | 102.296 | 98.001 | 100.043 | 97.000 | 95.529 | 95.747 |
| DESPERDICIO | % DESPERDICIO                   | 8       | 7.5    | 8      | 8.6    | 9      | 8.7     | 9.2     | 8.8    | 7.5     | 7.9    | 8.2    | 8.3    |
|             | PIEZAS DESPERDICIAS             | 26000   | 22340  | 24449  | 27370  | 28844  | 31348   | 33904   | 28028  | 24386   | 24905  | 24730  | 23658  |
|             | PIEZAS :                        |         |        |        |        |        |         |         |        |         |        |        |        |
|             | MAL EMBOBINADAS                 | 6500    | 5585   | 6112   | 4106   | 6346   | 4702    | 6103    | 4765   | 3658    | 4981   | 6183   | 4732   |
|             | ESPIRAL CHICA                   | 5200    | 5585   | 4890   | 6842   | 4327   | 4702    | 5087    | 5606   | 4633    | 4981   | 2473   | 3548   |
|             | ESPIRAL GRANDE                  | 6500    | 6702   | 7335   | 6842   | 6634   | 7837    | 8475    | 7007   | 4878    | 4981   | 5192   | 5915   |
|             | SIN PUNTOS DE SOLDADURA D.E.    | 3900    | 2234   | 2445   | 4106   | 5191   | 6270    | 7459    | 4204   | 4389    | 3736   | 5441   | 3548   |
|             | SIN PUNTOS DE SOLDADURA D.I.    | 3900    | 2234   | 3667   | 5474   | 6346   | 7837    | 6780    | 6446   | 6828    | 6226   | 5441   | 5915   |
| UTILIZACIÓN | TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS      | 147     | 147    | 161    | 161    | 161    | 154     | 147     | 161    | 147     | 154    | 154    | 112    |
|             | TIEMPO UTILIZADO EN HORAS       | 135.24  | 130.36 | 145.69 | 144.10 | 144.48 | 140.63  | 136.54  | 143.90 | 136.03  | 137.58 | 135.05 | 98.34  |
|             | % UTILIZACIÓN                   | 92.000  | 88.679 | 90.492 | 89.503 | 89.737 | 91.318  | 92.885  | 89.377 | 92.540  | 89.337 | 87.696 | 87.800 |

# INDICADORES EN EL AÑO 2001

|             |                                 | Ene-01 | Feb-01 | Mar-01 | Abr-01  | May-01  | Jun-01  | Jul-01  | Ago-01  | Sep-01  | Oct-01  | Nov-01  | Dic-01  |
|-------------|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PRODUCCIÓN  | PRODUCCIÓN PROGRAMADA EN PIEZAS | 297700 | 280000 | 262500 | 262500  | 262500  | 262500  | 250000  | 250000  | 250000  | 230500  | 230500  | 230500  |
|             | PRODUCCIÓN REAL EN PIEZAS       | 260508 | 258675 | 245869 | 258957  | 260860  | 256890  | 248542  | 238507  | 240538  | 230572  | 236140  | 230580  |
|             | % SALIDA                        | 87.507 | 92.384 | 93.664 | 98.650  | 99.375  | 97.863  | 99.417  | 95.403  | 96.215  | 100.031 | 102.447 | 100.035 |
| DESPERDICIO | % DESPERDICIO                   | 7      | 6.8    | 7.6    | 3.2     | 3.3     | 3.8     | 3.9     | 3.1     | 3.5     | 3       | 3.2     | 3.3     |
|             | PIEZAS DESPERDICIADAS           | 18236  | 17590  | 18686  | 8287    | 8608    | 9762    | 9693    | 7394    | 8419    | 6917    | 7556    | 7609    |
|             | PIEZAS:                         |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|             | MAL EMOBINADAS                  | 3282   | 4222   | 5232   | 2155    | 2152    | 1660    | 1842    | 1479    | 1599    | 1389    | 1662    | 1598    |
|             | ESPIRAL CHICA                   | 3165   | 3518   | 3363   | 1409    | 1291    | 1855    | 1648    | 1109    | 1264    | 974     | 1209    | 1141    |
|             | ESPIRAL GRANDE                  | 3647   | 3518   | 2990   | 829     | 1636    | 1757    | 1648    | 1479    | 1432    | 1250    | 982     | 1217    |
|             | SIN PUNTOS DE SOLDADURA D.E.    | 5106   | 3166   | 2990   | 1822    | 1291    | 1757    | 1648    | 1257    | 1683    | 1528    | 1587    | 1370    |
|             | SIN PUNTOS DE SOLDADURA D.I.    | 2736   | 3166   | 4111   | 2072    | 2238    | 2733    | 2907    | 2070    | 2441    | 1806    | 2116    | 2283    |
| UTILIZACIÓN | TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS      | 161    | 140    | 154    | 147     | 161     | 147     | 154     | 161     | 140     | 161     | 154     | 105     |
|             | TIEMPO UTILIZADO EN HORAS       | 131.02 | 120.54 | 133.28 | 140.375 | 154.714 | 138.392 | 147.131 | 148.837 | 129.987 | 156.219 | 152.720 | 101.570 |
|             | % UTILIZACIÓN                   | 81.381 | 86.102 | 86.546 | 95.493  | 96.096  | 94.144  | 95.540  | 92.445  | 92.848  | 97.030  | 99.169  | 96.734  |
|             | % PRODUCTIVIDAD                 | 66.229 | 74.135 | 74.902 | 91.190  | 92.344  | 88.631  | 91.278  | 85.461  | 86.207  | 94.149  | 98.344  | 93.574  |

# ESTUDIO DE TIEMPOS DE CORTE

## Estudio de Tiempos

**No. de parte o modelo:** 40658  
**Material:** ACERO-GRAFITO  
**Operación:** CORTE DE GRAFITO / MICA  
**Herramienta:** CUCHILLAS DE CORTE

**Departamento:** Ing. De Manufactura  
**Estación de Trabajo:** E25  
**Tamaño de la muestra:** 5 ESPIRAL  
**Operador:** NELIDA SANTOS

**Fecha:** 30/11/01  
**Elaboró:** Oscar Juárez  
**Páginas:** 1  
**U. de medida:** segundos.

| No. | Descripción del elemento | Observaciones / Frecuencia |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Tiempo Promedio | % Calificación | Tiempo Normal | % Suplementos | Tiempo Estandar |
|-----|--------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
|     |                          | 1                          | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |                 |                |               |               |                 |
| 1   | CORTE                    | 8                          | 7.5 | 8.2 | 7.8 | 7.9 | 8   | 8   | 8.2 | 8.1 | 8   | 7.97            | 90             | 7.17          | 20            | 8.61            |
| 2   | CORTE                    | 8.2                        | 8.2 | 8.1 | 8.1 | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   | 8.06            | 85             | 6.85          | 20            | 8.22            |
| 3   | CORTE                    | 8.3                        | 8.2 | 8.2 | 8.2 | 8   | 8   | 8.1 | 8.2 | 8.1 | 8.2 | 8.15            | 90             | 7.34          | 20            | 8.80            |
| 4   | CORTE                    | 8.2                        | 8.2 | 8   | 8   | 8.1 | 8.2 | 8.2 | 8   | 8   | 8.1 | 8.10            | 90             | 7.29          | 20            | 8.75            |
| 5   | CORTE                    | 8                          | 8   | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.2 | 8.2 | 7.9 | 8.08            | 90             | 7.27          | 20            | 8.73            |
| 6   | CORTE                    | 7.9                        | 8   | 8   | 8.1 | 8.2 | 7.9 | 7.9 | 8   | 8.1 | 8.1 | 8.02            | 90             | 7.22          | 20            | 8.66            |
| 7   | CORTE                    | 8                          | 8   | 8   | 8   | 8.1 | 8.2 | 8.2 | 8.1 | 8.2 | 8.2 | 8.10            | 90             | 7.29          | 20            | 8.75            |
| 8   | CORTE                    | 8                          | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   | 7.9 | 7.9 | 7.8 | 7.8 | 7.94            | 85             | 6.75          | 20            | 8.10            |
| 9   | CORTE                    | 8                          | 8   | 7.9 | 8   | 8   | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.8 | 7.8 | 7.92            | 85             | 6.73          | 20            | 8.08            |
| 10  | CORTE                    | 8                          | 8.2 | 8.2 | 8.2 | 8.1 | 8.1 | 8   | 8   | 8.2 | 8   | 8.10            | 90             | 7.29          | 20            | 8.75            |

|                     |                         |                    |    |                      |               |
|---------------------|-------------------------|--------------------|----|----------------------|---------------|
| <b>Suplementos:</b> | Condiciones ambientales |                    | 4% | Total hrs / pza =    | <b>0.0005</b> |
| Tolerancia personal | 5%                      | Ruido intermitente | 3% | Total pzas / hora =  | <b>2107</b>   |
| Estar de pie        | 5%                      | Monotonía          | 3% | Total pzas / turno = | <b>16854</b>  |

Observaciones:

---



---



---



---



---



---



---



---

# ESTUDIO DE TIEMPOS DE EMBOBINADO

## Estudio de Tiempos

No. de parte o modelo: 40658  
 Material: ACERO-GRAFITO  
 Operación: EMBOBINADO  
 Herramienta: MANDRIL, LLAVES ALLEN

Departamento: Ing. De Manufactura  
 Estación de Trabajo: E25  
 Tamaño de la muestra: 5 ESPIRAL  
 Operador: GUADALUPE GARCIA

Fecha: 30/11/01  
 Elaboró: Oscar Juárez  
 Páginas: 1  
 U. de medida: segundos.

| No. | Descripción del elemento | Observaciones / Frecuencia |    |     |    |    |     |     |    |     |    | Tiempo Promedio | % Calificación | Tiempo Normal | % Suplementos | Tiempo Estandar |
|-----|--------------------------|----------------------------|----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|----|-----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
|     |                          | 1                          | 2  | 3   | 4  | 5  | 6   | 7   | 8  | 9   | 10 |                 |                |               |               |                 |
| 1   | EMBOBINADO               | 98                         | 88 | 98  | 96 | 96 | 95  | 99  | 92 | 96  | 96 | 95.40           | 90             | 85.86         | 20            | 103.03          |
| 2   | EMBOBINADO               | 98                         | 99 | 103 | 89 | 92 | 96  | 95  | 96 | 95  | 97 | 96.00           | 85             | 81.60         | 20            | 97.92           |
| 3   | EMBOBINADO               | 96                         | 98 | 97  | 96 | 99 | 98  | 97  | 92 | 88  | 87 | 94.80           | 90             | 85.32         | 20            | 102.38          |
| 4   | EMBOBINADO               | 88                         | 87 | 88  | 86 | 89 | 92  | 94  | 87 | 82  | 91 | 88.40           | 90             | 79.56         | 20            | 95.47           |
| 5   | EMBOBINADO               | 82                         | 75 | 79  | 88 | 89 | 92  | 94  | 95 | 96  | 99 | 88.90           | 90             | 80.01         | 20            | 96.01           |
| 6   | EMBOBINADO               | 95                         | 88 | 96  | 96 | 98 | 96  | 95  | 97 | 95  | 88 | 94.40           | 90             | 84.96         | 20            | 101.95          |
| 7   | EMBOBINADO               | 88                         | 96 | 89  | 95 | 96 | 98  | 97  | 92 | 96  | 94 | 94.10           | 90             | 84.69         | 20            | 101.63          |
| 8   | EMBOBINADO               | 87                         | 78 | 96  | 88 | 88 | 99  | 103 | 89 | 98  | 95 | 92.10           | 85             | 78.29         | 20            | 93.94           |
| 9   | EMBOBINADO               | 89                         | 97 | 86  | 82 | 82 | 100 | 95  | 93 | 102 | 96 | 92.20           | 85             | 78.37         | 20            | 94.04           |
| 10  | EMBOBINADO               | 96                         | 95 | 98  | 97 | 96 | 96  | 95  | 91 | 98  | 96 | 95.80           | 90             | 86.22         | 20            | 103.46          |

|                     |    |                         |    |                      |               |
|---------------------|----|-------------------------|----|----------------------|---------------|
| <b>Suplementos:</b> |    | Condiciones ambientales | 4% | Total hrs / pza =    | <b>0.0055</b> |
| Tolerancia personal | 5% | Ruido intermitente      | 3% | Total pzas / hora =  | <b>182</b>    |
| Estar de pie        | 5% | Monotonía               | 3% | Total pzas / turno = | <b>1455</b>   |

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# ESTUDIO DE TIEMPOS DE REBABEO

## Estudio de Tiempos

No. de parte o modelo: 40658  
 Material: ACERO-GRAFITO  
 Operación: REBABEO  
 Herramienta: MANDRIL, LLAVES ALLEN

Departamento: Ing. De Manufactura  
 Estación de Trabajo: E25  
 Tamaño de la muestra: 5 ESPIRAL  
 Operador: DOLORES HERNANDEZ

Fecha: 30/11/01  
 Elaboró: Oscar Juárez  
 Páginas: 1  
 U. de medida: segundos.

| No. | Descripción del elemento | Observaciones / Frecuencia |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Tiempo Promedio | % Calificación | Tiempo Normal | % Suplementos | Tiempo Estandar |
|-----|--------------------------|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
|     |                          | 1                          | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                 |                |               |               |                 |
| 1   | REBABEO                  | 55                         | 52 | 54 | 54 | 52 | 57 | 54 | 54 | 54 | 53 | 53.90           | 95             | 51.21         | 20            | 61.45           |
| 2   | REBABEO                  | 52                         | 57 | 56 | 53 | 57 | 54 | 54 | 56 | 57 | 52 | 54.80           | 95             | 52.06         | 20            | 62.47           |
| 3   | REBABEO                  | 56                         | 57 | 52 | 57 | 55 | 57 | 57 | 56 | 53 | 53 | 55.30           | 95             | 52.54         | 20            | 63.04           |
| 4   | REBABEO                  | 53                         | 52 | 53 | 56 | 54 | 53 | 52 | 57 | 55 | 56 | 54.10           | 95             | 51.40         | 20            | 61.67           |
| 5   | REBABEO                  | 56                         | 53 | 56 | 57 | 56 | 57 | 52 | 56 | 57 | 55 | 55.50           | 95             | 52.73         | 20            | 63.27           |
| 6   | REBABEO                  | 53                         | 56 | 52 | 52 | 57 | 52 | 52 | 54 | 57 | 56 | 54.10           | 95             | 51.40         | 20            | 61.67           |
| 7   | REBABEO                  | 52                         | 55 | 57 | 56 | 53 | 57 | 57 | 53 | 53 | 56 | 54.90           | 95             | 52.16         | 20            | 62.59           |
| 8   | REBABEO                  | 57                         | 52 | 52 | 57 | 54 | 56 | 56 | 57 | 55 | 56 | 55.20           | 95             | 52.44         | 20            | 62.93           |
| 9   | REBABEO                  | 53                         | 52 | 53 | 53 | 56 | 56 | 57 | 56 | 53 | 52 | 54.10           | 95             | 51.40         | 20            | 61.67           |
| 10  | REBABEO                  | 56                         | 53 | 57 | 52 | 53 | 57 | 53 | 54 | 53 | 54 | 54.20           | 95             | 51.49         | 20            | 61.79           |

|                     |                         |                    |                   |                      |             |
|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------|
| <b>Suplementos:</b> | Condiciones ambientales | 4%                 | Total hrs / pza = | <b>0.0035</b>        |             |
| Tolerancia personal | 5%                      | Ruido intermitente | 3%                | Total pzas / hora =  | <b>289</b>  |
| Estar de pie        | 5%                      | Monotonía          | 3%                | Total pzas / turno = | <b>2313</b> |

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# DIAGRAMA DE FLUJO DESPUÉS DE KANBAN

## DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

| O<br>P<br>E<br>R<br>A<br>C<br>I<br>O<br>N<br>n° | O<br>P<br>E<br>R<br>A<br>C<br>I<br>O<br>N | -E-<br>I<br>O<br>N<br>P<br>E<br>R<br>E<br>A<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N | T<br>R<br>A<br>N<br>S<br>P<br>O<br>R<br>T<br>E | I<br>N<br>S<br>P<br>E<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N | E<br>S<br>P<br>E<br>R<br>A | A<br>L<br>M<br>A<br>C<br>E<br>N<br>A<br>J<br>E | ACTIVIDAD  |                 |                       |            |    |
|---|---|--|--|--|----------------------------|--|--|-----------------|-----------------------|------------|----|
|   |   |  |  |  |                            |  | ACTUAL   | Elaboró:        | Oscar Juárez          |            |    |
|   |   |  |  |  |                            |  | OPERACIÓN  | 8               | Fecha:                | 17/09/2001 |    |
|   |   |  |  |  |                            |  | TRANSPORTE   | 7               |                       |            |    |
|   |   |  |  |  |                            |  | DEMORA   | 0               | TIEMPO TOTAL (min)    | <u>360</u> |    |
|   |   |  |  |  |                            |  | INSPECCIÓN   | 2               |                       |            |    |
|   |   |  |  |  |                            |  | ALMACENAJE   | 0               | DISTANCIA TOTAL (mts) | <u>99</u>  |    |
| DESCRIPCIÓN DEL EVENTO                          |   |  |  |  |                            |  | TIEMPO (min)   | DISTANCIA (mts) |                       |            |    |
| 1   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Transporte de la materia prima al rack y acomodarlo en el mismo.   |                 |                       | 15         | 20 |
| 2   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Liberación de materia prima.                                       |                 |                       | 15         | 0  |
| 3   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Transporte de rollos de mica y grafito a mesa de corte.            |                 |                       | 7          | 20 |
| 4   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Transporte de rollos de acero a máquina embobinadora.              |                 |                       | 7          | 20 |
| 5   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Corte de rollo   |                 |                       | 5          | 0  |
| 6   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Corte en tiras   |                 |                       | 5          | 0  |
| 7   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Transporte a ventana kanban de embobinado                          |                 |                       | 2          | 3  |
| 8   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Ajuste de máquina embobinadora                                     |                 |                       | 15         | 0  |
| 9   | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Prueba de compresión y chequeo dimensional liberación del proceso. |                 |                       | 5          | 0  |
| 10  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Embobinado de espiral por lote.                                    |                 |                       | 100        | 0  |
| 11  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Rebabeo de espiral por lote.                                       |                 |                       | 64.3       | 0  |
| 12  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Soldado de ring y/o empaque de espiral por lote.                   |                 |                       | 64.3       | 2  |
| 13  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Transporte a la ventana kanban de producto terminado.              |                 |                       | 5          | 4  |
| 14  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Inspección y liberación del producto terminado                     |                 |                       | 15         | 0  |
| 15  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Transporte al rack de producto terminado y acomodo.                |                 |                       | 10         | 5  |
| 16  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Formado del pallet de producto terminado y preparación.            |                 |                       | 20         | 5  |
| 17  | 0   | □  | →  | □  | ◇                          | △  | Transporte al camión   |                 |                       | 5          | 20 |

## **BIBLIOGRFÍA**

- **KAIZEN. La clave de la ventaja competitiva japonesa. Masaaki Imai. Cecsá. Décima segunda reimpresión México, 1999.**
- **Apuntes de Diseño de Sistemas Productivos. Profesor: Daniel Rodríguez Resendiz. Facultad de Ingeniería UNAM.**
- **DISEÑO DE CELULAS DE FABRICACIÓN. Transformación de las fábricas para la producción en flujo. Kenchi Sekine. Productivity.**
- **The Memory Jogger II. Michael Brassord & Diane Ritter.**
- **SMED. Shigeo Shingo. Productivity.**
- **Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. Niebel, Freivalds. Alfaomega.**
- **TPS. Toyota Production System. Training Federal Mogul México.**
- **Lean Manufacturing. Training Federal Mogul México.**
- **OPERATION MANAGEMENT. A value – driven approach. Autor: Melnyk & Denzler. Editorial Irwin**